

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**Instituto de Ciencias Agrícolas
Instituto en Investigaciones en Ciencias Veterinarias**



**ATRIBUTOS DE CALIDAD DEL CAMARÓN BLANCO (*Litopenaeus vannamei*)
CULTIVADO EN AGUA DE BAJA SALINIDAD Y EN AGUA MARINA, DURANTE EL
ALMACENAMIENTO CONGELADO**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

PRESENTA

M.C. FRANCINA BRIZEYDA LOPEZ TARIN

DIRECTOR

Dr. JOSE ANGEL OLIVAS VALDEZ

La presente tesis “**Atributos de calidad del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado en agua de baja salinidad y en agua marina, durante el almacenamiento congelado**” realizada por la **C. Francina Brizeyda López Tarín**, dirigido por el **Dr. José Àngel Olivas Valdez**, ha sido evaluada y aprobada por el Comité Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

Doctor en Ciencias Agropecuarias

Comité Particular

Dr. José Àngel Olivas Valdez
Director de Tesis

Dr. Alberto Barreras Serrano
Sinodal

Ph.D. Fernando Figueroa Saavedra
Sinodal

Dr. Lus Mercedes López Acuña
Sinodal

Dr. Eduardo Sánchez López
Sinodal

A mi familia

La leyenda personal es todo aquello que siempre deseaste hacer. Todas las personas, al comienzo de su juventud, saben cuál es su leyenda personal. En ese momento de la vida todo se ve claro, todo es posible, y en ellas no tienen miedo de soñar y desear todo aquello que les gustaría hacer en sus vidas. No obstante, a medida que el tiempo va pasando, una misteriosa fuerza trata de convencerlas de que es imposible realizar la Leyenda Personal. El alma del mundo se alimenta con la felicidad de las persona. Cumplir su Leyenda Personal es la única obligación de los hombres. Todo es una sola cosa. Y cuando quieres algo, todo el Universo conspira para que realices tu deseo.

El Alquimista. Paulo Coelho.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría mostrar mi agradecimiento a mi director de tesis, el Dr. José Ángel Olivas Valdez por su valiosa orientación y ayuda durante la realización de la tesis, así como por su apoyo y calidad humana. A mí apreciado comité conformado por el Dr. Alberto Barreras, Dr. Fernando Figueroa, Dr. Eduardo Sánchez y Dra. Lus López quienes han colaborado a través de cada una de las fases de este proyecto. Dr. Barreras, se ha convertido en un ejemplo a seguir, mi más profunda admiración.

Al laboratorio de Nutrición de Ciencias Marinas y las personas que trabajan en él, por qué me abrieron las puertas y compartieron parte de sus conocimientos y experiencias.

A las que comenzaron siendo mis compañeras y hoy las considero mis grandes amigas, que han estado en cada etapa de este proyecto fuera día o noche y en cada momento de mi vida: María y Andrea, el privilegio es mío por contar con su amistad.

A cada uno de los compañeros del Instituto de Veterinaria y del Instituto de Ciencias agrícolas que compartieron clases conmigo, que colaboraron en los análisis, que aportaron alguna idea, que compartieron alguna sonrisa o alguna palabra de ánimo. Mil gracias.

El agradecimiento más importante y especial es a mis padres, quienes han dedicado todo su esfuerzo a mi educación y permanecido siempre a mi lado, apoyándome en todo momento. Y a mis hijos Daniel y Madai por brindarme el amor, apoyo, cariño y por los sacrificios que han tenido que hacer para lograr este objetivo. Los amo y son mi principal motor en esta vida.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
INTRODUCCION GENERAL	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Antecedentes Generales	3
Estadística.....	3
Producción en México.....	3
Cultivo en agua de baja salinidad.....	6
Características de la especie	7
Organización del músculo.....	10
Características físico-químicas de calidad	13
Composición bioquímica.....	14
<i>Contenido de proteínas y otros compuestos nitrogenados</i>	14
<i>Nitrógeno no proteico (NNP)</i>	15
<i>Composición de lípidos</i>	15
<i>Vitaminas y Minerales</i>	16
Textura.....	17
Color.....	18
Sabor.....	19
Congelación como medio de preservación de la calidad	20
Proceso de congelación.....	20
Principales cambios asociados al proceso de congelación.....	22
<i>Cambios en el pH</i>	24
<i>Cambios en la textura</i>	25
<i>Cambios en la capacidad de retención del agua (CRA)</i>	26
<i>Cambios en el color</i>	26
Literatura Citada	28
Artículos Correspondientes	36

Calidad del camarón blanco cultivado en agua de baja salinidad y en agua marina durante el almacenamiento congelado.....	36
Resumen.....	37
Abstract.....	38
Introducción.....	39
Materiales y Métodos.....	40
Resultados y Discusiones.....	43
Conclusiones.....	46
Literatura Citada.....	47
Cuadros.....	52
Corrección de esfuerzo al corte por pesos individuales del camarón en la comparación entre tratamientos.....	55
Resumen.....	56
Abstract.....	57
Introducción.....	58
Materiales y Métodos.....	59
Resultados.....	61
Discusiones.....	62
Referencias.....	64
Tablas.....	66
Lista de Figuras.....	67
CONCLUSIONES GENERALES.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Serie histórica de la producción de camarón (peso vivo en toneladas) en México 2003-2013.....	4
2.	Anatomía externa del camarón.....	8
3.	Fibras musculares del camarón.....	11
4.	Desnaturalización de las proteínas.....	22

RESUMEN

El cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en agua de baja salinidad se ha convertido en una práctica común en numerosos países. Sin embargo un aspecto a considerar para el verdadero éxito está relacionado con la calidad del producto el cual se comercializa comúnmente congelado. Este estudio evaluó la calidad físico-química y composición proximal del camarón blanco cultivado en agua de baja salinidad (Tratamiento 1) y en agua marina (Tratamiento 2) durante el almacenamiento congelado. Se midió color (L^* , a^* , b^*) y esfuerzo al corte (EC) en camarón crudo y cocido; pH, capacidad de retención de agua (CRA) y composición proximal en camarón crudo. Las evaluaciones se hicieron a los 4, 8 y 14 meses de almacenamiento congelado (Tiempo 1, 2 y 3 respectivamente). Los camarones cultivados en agua de baja salinidad presentaron, menor CRA, valores más bajos en color (producto cocido) y mayor porcentaje de humedad ($p < 0.05$). No se encontraron diferencias entre tratamientos en el pH, el EC de camarones crudos y cocidos ($p > 0.05$). El porcentaje de proteínas y los lípidos fue mayor ($p < 0.05$) en camarones cultivados en agua marina durante el tiempo 3. El factor tiempo de almacenamiento provocó cambios ($p < 0.05$) en las variables estudiadas, asociados a pérdidas de calidad, donde los camarones de agua de baja salinidad resultaron más susceptibles al deterioro en la mayoría de las variables estudiadas. Para los análisis de esfuerzo al corte se observó variabilidad por efecto del peso del músculo del camarón, lo cual produce errores en la comparación entre los tratamientos a evaluar, por lo que la técnica del ANCOVA permitió la corrección de la variable de respuesta por los efectos de la diferencia en pesos de las muestras, mejorando la sensibilidad y precisión del diseño.

Palabras clave: camarón, baja salinidad, agua marina, calidad, almacenamiento congelado.

Abstract

The culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in low salinity water has become a common practice in many countries. However a consideration for true success is associated with to the product quality which usually sold frozen. This study evaluated the physical-chemical quality and proximate composition of white shrimp cultured in low salinity water (Treatment 1) and sea water (Treatment 2) during frozen storage. Colour (L^* , a^* , b^*) and shear force (SF) were measured in raw and cooked shrimp; and also pH, water holding capacity (WHC) and proximate composition of raw shrimp were obtained. Evaluations were made at 4, 8 and 14 months of frozen storage (Time 1, 2 and 3 respectively). The shrimp cultured in low salinity water presented lower WHC, lower color values (cooked product) and higher moisture content ($p < 0.05$). No differences were found between both system in pH and SF raw and cooked shrimp ($p > 0.05$). The content of proteins and lipids was higher ($p < 0.05$) in shrimp cultured in sea water during the time 3. The time factor caused changes ($p < 0.05$) in the studied variables associated with quality losses where shrimps of low salinity water were more susceptible to deterioration in most of the studied variables. For shear force analysis, variability was observed due to the weight of the muscle of shrimp, this causes errors in the comparison between treatments to evaluate. ANCOVA technique allowed the correction of the response variable for the effects of the difference in sample weights and improves the sensitivity and precision design.

Key words: shrimp, low salinity, seawater quality, frozen storage.

INTRODUCCION

La acuicultura se constituye como la actividad agroindustrial de mayor desarrollo a nivel mundial, destacándose la enorme importancia de su contribución al suministro de crustáceos, siendo el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* la principal especie cultivada en el mundo (FAO, 2014). Gracias a la capacidad osmoreguladora de esta especie, se ha podido cultivar en agua de baja salinidad, permitiendo la expansión a sitios alejados de las costas.

El camarón se encuentra entre las especies más apreciadas por los consumidores. Presenta un alto valor nutricional gran porcentaje de proteínas, son bajos en ácidos grasos saturados y calorías (Oksuz et al., 2009), además de ser aceptado como un producto de exquisito sabor, también han sido identificados como una rica fuente de vitaminas del complejo B, minerales y ácidos grasos poliinsaturados (Nisa and Asadulla, 2006).

La aceptación por parte del consumidor también depende de una serie de atributos sensoriales como color, sabor, textura (Ezquerro, 2004). El color es una propiedad importante para su aceptación y valor en el mercado, el color rojo / naranja se asocia con frescura y calidad del producto, siendo la astaxantina el principal carotenoide responsable de este color (Parisenti et al., 2011). El sabor, es otra característica que ha causado controversia, algunos autores han demostrado que los consumidores prefieren camarones cultivados en agua de mar a los cultivados en agua de baja salinidad, debido a su sabor y calidad superior (Cheng et al., 2006), sin embargo Thi (2011) no encontró diferencias entre organismos de una u otra procedencia. Finalmente la textura del músculo del camarón es un atributo importante en su calidad, ésta se ve afectada por diversos factores intrínsecos, por ejemplo la especie, la edad, factores antemortem como calidad del agua, alimentación, condiciones de estrés y el manejo posmortem (Ezquerro et al., 2003; Díaz-Tenorio et al. 2007).

Debido a las características bioquímicas de la especie inmediatamente después del sacrificio se tiene que someter a una cadena de frío hasta llegar al consumidor final. El método de congelación permite conservar por periodos prolongados las características originales reduciendo la actividad microbiana y enzimática. A pesar de ello, las características físicas y químicas se irán degradando y en menor grado las nutritivas (Sundararajan, et al., 2011).

Sin embargo, la calidad final del producto depende de las propiedades que presente al momento de la congelación, además otros factores durante el proceso como la temperatura de almacenamiento y el método de descongelación (Keizer, 1999; Lamúa, 2000). Existe la percepción, por parte de los consumidores, que los camarones cultivados en agua de baja salinidad presentan menor calidad (textura, color y sabor) en relación a los de agua marina, no obstante, hay poca información que demuestre la superioridad de uno u otro origen.

Por lo tanto, debido a la falta de investigación y la poca información sobre la influencia de la salinidad del sistema de cultivo sobre la calidad de los organismos, la propuesta del presente estudio es conocer las características físico-químicas y composición proximal del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* así como los cambios asociados al tiempo de almacenamiento congelado.

REVISION DE LITERATURA

1. ATECEDENTES GENERALES

Estadística

La importancia de cubrir las necesidades alimentarias de la población aumentan rápidamente y con ello, la necesidad de hacerlo de una manera sustentable, siendo la acuacultura la actividad de producción de alimentos con mayor crecimiento a nivel mundial, entre 1980 y 2012, el volumen de la producción acuícola mundial se incrementó una tasa media anual del 8.6 %, con un aumento en el suministro per cápita de 0.7 kg en 1970 a 7.8 kg en 2012 (FAO, 2014). En el ámbito económico, la acuacultura representa una actividad de gran importancia, ya que constituye una fuente de empleo, de divisas además de disminuir el gasto en importación de productos acuícolas. Aquí se destaca la enorme importancia de su contribución al suministro de crustáceos, el cual ha crecido rápidamente en el último decenio y ha alcanzado el 42% de la producción mundial en 2012 con especies de alto valor comercial como el camarón (FAO, 2014).

Producción en México

Dentro de la producción pesquera, la industria del camarón que incluye la captura, acuacultura, procesos y servicios, es hoy por hoy desde el punto de vista económico la principal pesquería y concentra el mayor desarrollo acuícola de México, con un crecimiento medio anual hasta el 2009 de 6.24% (CONAPESCA, 2012), lo cual se debe al crecimiento de la actividad de dicha especie (Figura 1).

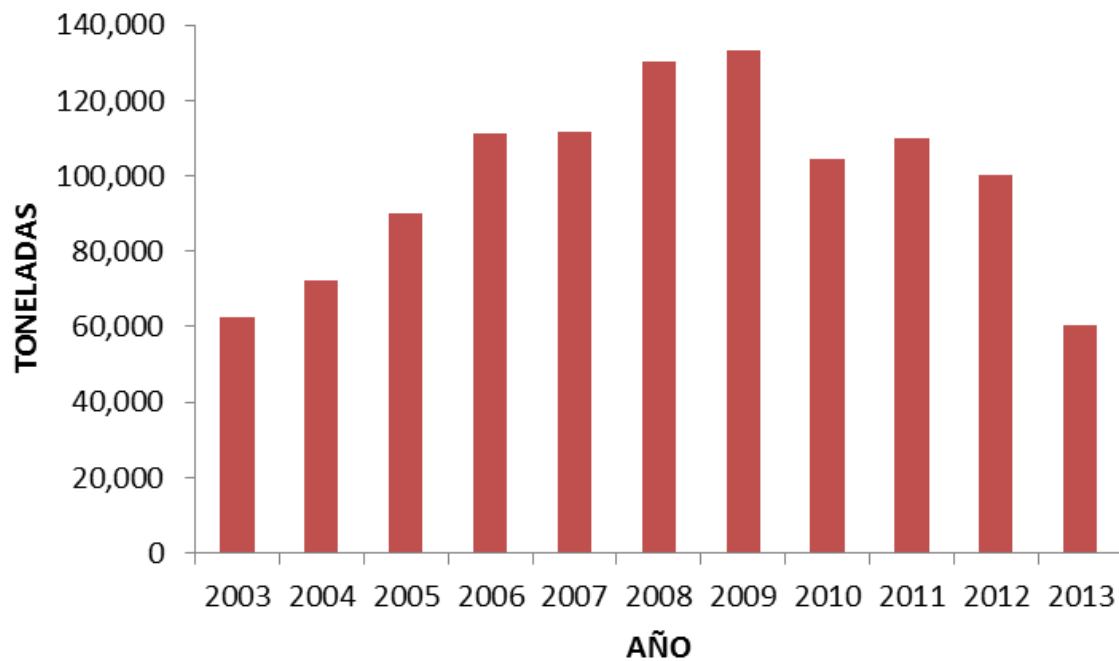


Figura 1. Serie histórica de la producción de camarón (peso vivo en toneladas) en México 2003-2013 (CONAPESCA, 2014).

Hoy en día 2 de cada 3 kilogramos de camarón se producen vía acuacultura. En las exportaciones se encuentra en el lugar número 1 de las especies pesqueras, siendo Estados Unidos de América, Japón y Francia sus principales destinos (CONAPESCA, 2014).

En el año 2011 se reportó una producción de 105,167 Toneladas con una tendencia constante a la baja en los dos últimos ciclos de producción debido al surgimiento de enfermedades virales y bacterianas, que han emergido como un serio problema, representando un reto importante para esta actividad (CONAPESCA, 2014).

A nivel estado existen productores dedicados al cultivo de camarón principalmente en dos sitios San Felipe y Mexicali. En el área de San Felipe, la actividad se desarrolla bajo el sistema semi-intensivo con agua de mar y en estanques que suelen superar las 5 ha. En el Valle de Mexicali, se concentran productores con estanques pequeños de menos de 1 ha. La actividad se realiza en agua dulce utilizando agua de los canales de riego agrícola. (CESAIBC, 2015).

La acuacultura es considerada como una opción rentable para la reconversión productiva requerida en el Valle de Mexicali, enfocado principalmente para agricultores dedicados a cultivos tradicionales que cuentan con tierras en desuso o con problemas de baja productividad debido principalmente al incremento en la salinidad de los suelos agrícolas. Es por ello que el gobierno del estado implementó un programa de desarrollo de esta actividad, siendo el cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) el de mayor crecimiento en estos últimos años (Jácome-Ibarra et al. 2009).

Según la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA) en el año 2011 el estado ocupó el octavo sitio en volumen de producción con 332 toneladas representando un 0.31% del volumen nacional, sin embargo, es importante resaltar que la calidad del agua y las condiciones sanitarias del golfo de California proporcionan un

amplio potencial para su desarrollo y que los cultivos en agua dulce están logrando mayores volúmenes de producción, por lo cual en el ciclo 2014 se sembraron 20 granjas acuícolas en el valle de Mexicali, de las cuales dos son de nueva creación, mientras que en el área de San Felipe continúan en operación las dos granjas existentes (CESAIBC, 2015).

Cultivo en agua de baja salinidad

El cultivo en aguas de baja salinidad ha permitido la expansión de la cría de camarones marinos en zonas situadas a distancias considerables de las costas. El cultivo de camarones y otros peces y crustáceos con agua de baja salinidad es una tendencia que continúa creciendo en todo el mundo (Fraga, et al., 2014). Se ha demostrado que el camarón marino puede cultivarse en estanques interiores suministrados con el agua subterránea de baja salinidad o agua superficial con salinidades que van de 0.5 a 15 g.L⁻¹ (Roy et al., 2010). Sin embargo, en algunos casos, el agua debe ser suplementada con magnesio y potasio, para evitar los efectos negativos de las bajas concentraciones de estos dos iones en la supervivencia y el crecimiento del camarón (Boyd y Thunjai, 2003; Roy et al., 2010). Otra estrategia utilizada está enfocada en la modificación de diferentes dietas con suplementos que pueden mejorar la capacidad osmorreguladora del camarón (Roy and Davis, 2010). En varios países existe un creciente interés en el cultivo de camarón marino en agua dulce (Roy et al., 2007), en los Estados Unidos, este cultivo se lleva a cabo actualmente en varios estados, incluyendo Alabama, Arizona, Florida y Texas. En Ecuador ciertos agricultores han puesto en marcha proyectos para el cultivo de camarón marino con agua de pozo salino en sitios a más 100 kilómetros alejados de las costas en la provincia del Guayas (Boyd et al., 2002). Existen informes de esta tecnología de cultivo de camarón en Brasil (Nunes y López, 2001). Se ha reportado en China, en las provincias de Jiangsu, Shanghai y Zhejiang, el cultivo del camarón marino en aguas continentales con menos de 1 g.L⁻¹ de salinidad y en Tailandia con resultados óptimos (Cheng et al., 2006; Saoud et al., 2003).

En México se realiza con éxito esta actividad en el Valle de Mexicali y en Tecoman, Colima, sin embargo algunos de los principales estados productores de camarón como Sonora y Sinaloa, que han realizado esta actividad bajo el esquema tradicional en aguas salobres, se han visto en la necesidad de incursionar en los cultivos con aguas de baja salinidad, debido al impacto de las enfermedades causadas por los virus, mismos que se han establecido en los sistemas donde se abastecen de agua las granjas camaroneras. La cual puede llegar a ser una alternativa potencial para la producción y suministro de esta especie.

Características de la especie

El camarón blanco *Litopenaeus vannamei* es un invertebrado que pertenece al grupo de los artrópodos, por tener apéndices formados por pequeñas piezas articuladas, un cuerpo segmentado cubierto de un tegumento calcificado, llamado exoesqueleto. En su cuerpo se distinguen dos regiones principales o tagmas: la cabeza que resulta de la unión de la zona cefálica con el tórax, llamado cefalotórax y la cola que es el abdomen segmentado donde se localizan los apéndice o patas que se designan de acuerdo a la función que desempeñan y la región del cuerpo donde se hallan (Figura 2; Martínez-Córdova, 1996).

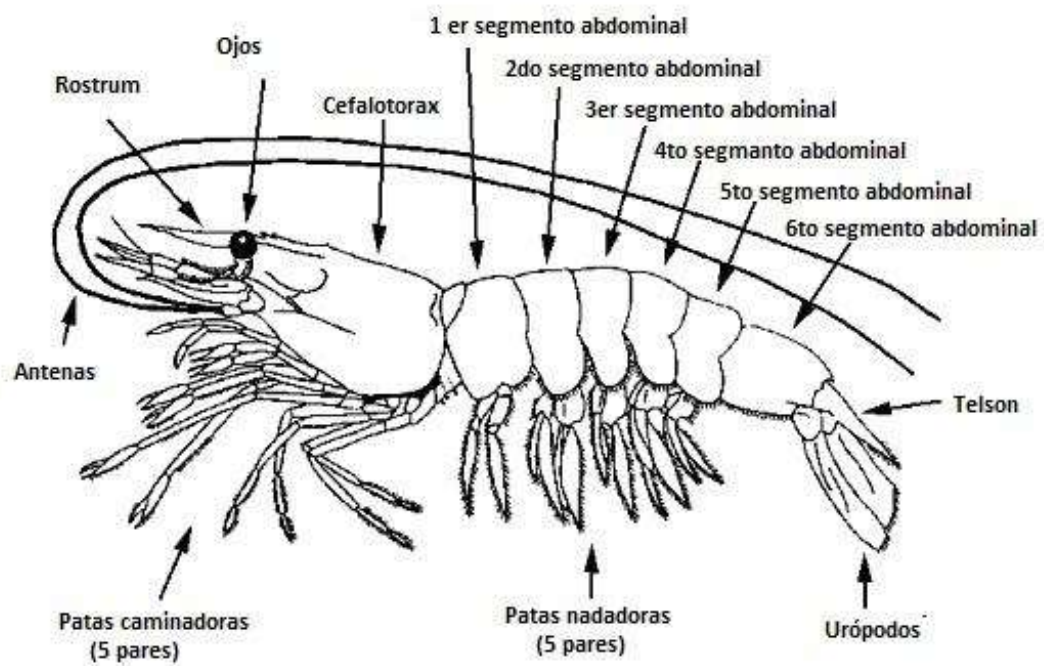


Figura 2. Anatomía externa del camarón. Fuente: Hickman et al. 1987.

Los decápodos como el camarón tienen 10 pares de patas, las anteriores o marchadoras llamadas pereiópodos y las posteriores o nadadoras pleópodos (Alcalá-Álvarez, 2009). El último par de apéndices abdominales se denominan urópodos y en muchos representantes de los grupos se modifican y junto con el telson forman el abanico caudal. Esta especie es la más cultivada en el mundo (Rosenberry, 2002), es nativa de las costas del Océano Pacífico, con una distribución geográfica desde la parte media del Golfo de California, México hasta Perú en Sudamérica (Martínez-Córdova, 1993). Como con todos los miembros de la familia *Penaeidae*, los adultos de *L. vannamei* viven en el océano abierto y desovan en aguas costeras.

Después de la eclosión de los huevos pelágicos, los camarones jóvenes se desarrollan a través de una serie de etapas larvales planctónicas (nauplio, zoea, mysis, postlarva) en postlarvas (PLs) y migran hacia bahías de baja salinidad, lagunas y estuarios antes de volver al mar abierto como adultos jóvenes (Edwards y Bowers, 1974). Durante sus primeros 4 a 6 meses presentan un crecimiento rápido, en cautiverio los organismos pueden alcanzar tallas de 20 g a partir de PL de 5 a 15 días de edad, periodo utilizado en los sistemas de producción, posterior a este su tasa de crecimiento se hace más lenta (Alcalá-Álvarez et al. 2009).

La tolerancia y la sobrevivencia de esta especie de camarón a las variaciones de salinidad dependen entre otras cosas, de su capacidad de osmorregulación. En organismos acuáticos la capacidad de osmorregulación se puede definir como la diferencia existente en el gradiente osmótico entre la hemolinfa y el medio externo (Charmantier, 1998), la cual depende de varios mecanismos, entre ellos y de los más importantes, el de la bomba $\text{Na}^+\text{-K}^+$ localizada en la membrana basolateral de las branquias tanto en peces como en crustáceos (Sommer and Mantel, 1991; Walker et al., 2009), así como también el reajuste de los niveles de proteína y aminoácidos libres en el medio extra e intra-celular respectivamente (Watts et al., 1996).

Organización del Músculo

El músculo del camarón, también conocido como “carne o cola”, está constituido por proteínas las cuales están distribuidas a lo largo del mismo, y éstas pueden ser de tres tipos, clasificadas en base a su solubilidad; sarcoplasmáticas, estromales y miofibrilares siendo estas últimas las de mayor interés, debido a que son las que se relacionan principalmente con la calidad durante la conservación y congelación (Haard, 1995).

El músculo en crustáceos tiene la típica conformación de la musculatura estriada en la cual las dos proteínas estructurales, actina y miosina forman filamentos agrupados en racimos de varios diámetros llamados miofibrillas. En camarón las fibras del músculo carecen de cubiertas de tejido conectivo, de modo que las fibras musculares quedan bañadas directamente por la hemolinfa. Dentro de las miofibrillas los filamentos ocurren de una manera organizada y repetitiva formando unidades que llamamos sarcómeros (Figura 3), los filamentos delgados son más largos que en los vertebrados (Hooper et al., 2008; Guðjónsdóttir, 2011).

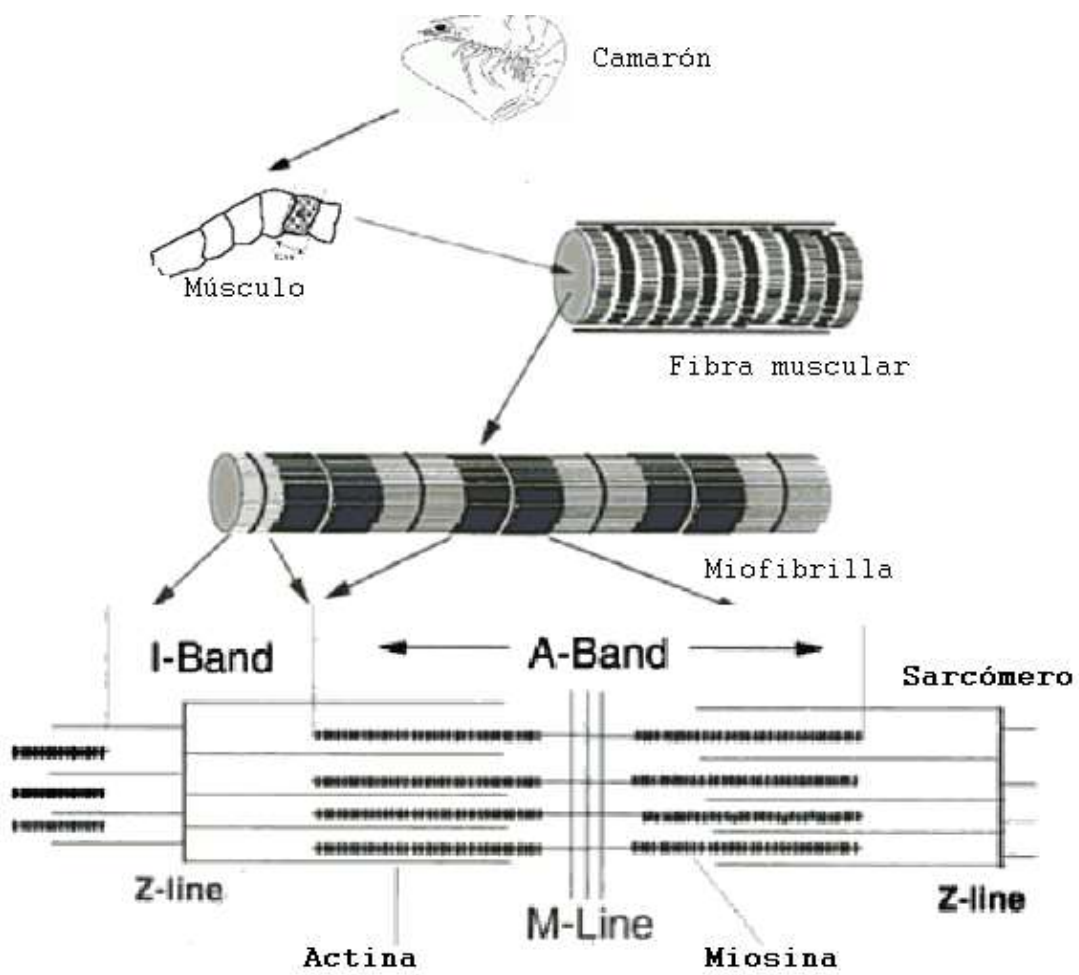


Figura 3. Fibras musculares del camarón (Goodband, 2002).

Las fibras musculares forman parte del aparato contráctil o miofibrilla responsable del movimiento muscular. Estas constituyen aproximadamente entre el 66 y 77% de las proteínas totales del músculo (Suzuki, 1981). Las que se encuentran en mayor proporción en el músculo de organismos marinos son la miosina, actina, tropomiosina y troponinas C, I y T (Suzuki, 1981). Este tipo de proteínas pueden ser extraídas del músculo con soluciones salinas concentradas como el KCl al 0.6 M (Shahidi, 1992). Las proteínas miofibrilares pueden ser de tres tipos: contráctiles, reguladoras y estructurales asociadas al microfilamento. La proporción de proteína miofibrilar en el músculo de los productos marinos es más alta que el músculo de animales terrestres, sin embargo las cantidades entre componentes individuales son muy similares (Haard, 1995). Estas proteínas se encuentran a lo largo del músculo en forma de fibras, sufriendo cambios durante el rigor mortis. La resolución del rigor mortis, y el almacenamiento congelado pueden afectar al del músculo y la integridad de estas proteínas presentando un efecto adverso sobre la calidad de los organismos (Hui et al., 2006).

El residuo insoluble que queda después de remover las proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares del músculo es conocido como estroma; los principales tipos de proteína encontrados en esta fracción son el colágeno y la elastina, quienes tienen un papel muy importante en el mantenimiento de la textura del músculo (Ezquerro et al., 2003). Sivakumar et al. (2000) propusieron que el colágeno tipo V fue distribuido mayormente en invertebrados marinos, particularmente crustáceos y moluscos, mientras que en el músculo de peces, también suelen ser identificados el colágeno tipo I y IV. Crawford (1982) reportó que el colágeno de los camarones es más susceptible a la hidrólisis de proteínas que el pescado y que las características moleculares del colágeno del camarón lo hacen más susceptible al deterioro por la acción de enzimas proteolíticas que el colágeno de animales superiores.

2. CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE CALIDAD

Actualmente ha crecido la preocupación de productores, fabricantes y consumidores en general sobre el tema de calidad. El termino calidad suele ser abstracto, por lo que se encuentran la bibliografía un sinfín de definiciones, cada una de las cuales hace énfasis en distintos aspectos. De acuerdo con las definiciones del diccionario: calidad es “grado o nivel de excelencia”, “Grado de pureza”, sin embargo estas definiciones no son suficientes. Las Normas ISO definen la calidad como “La totalidad de los rasgos y características de un producto, proceso o servicio que inciden en su capacidad de satisfacer necesidades reguladas o implícitas” haciendo énfasis en tres puntos el producto, el proceso y el servicio (Davis, 1999).

Respecto a los alimentos tales distinciones se centran en tres aspectos principalmente:

- 1.- Calidad es el grado de pureza de un alimento.
- 2.- Se entiende por calidad todas aquellas características que el consumidor consciente o inconscientemente estime deben tomarse en cuenta.
- 3.- Aquella combinación de atributos de un alimento que determina el grado de aceptabilidad de un producto por el consumidor y por tanto condiciona su valor comercial (Adbulla, 2007).

Algunas apreciaciones subjetivas suelen tomarse en cuenta a la hora de definir la calidad en los productos acuáticos por ejemplo las distintas procedencias; para algunos casos el lugar geográfico, si son silvestres o cultivados, frescos o congelados, de carne blanca u oscura, magros o grasos entre otras (Davis, 1999). Tales percepciones resultan interesantes a la hora de determinar el lugar que ocupa cada producto en el mercado, formando parte de la definición de calidad de los consumidores, no obstante, este concepto va más allá. Un aspecto importante a considerar, es conocer las características sensoriales como color, sabor, textura, así como sus atributos nutricionales y calidad sanitaria, en camarón, las cuales son variable importante

relacionada con la calidad que esperan los consumidores al adquirir un producto (Thi, 2011).

Composición Bioquímica

Las propiedades sensoriales del camarón dependen de su composición química principalmente contenido de proteínas, lípidos y agua. La proteína es el mayor componente en el músculo seco, sin embargo su composición puede variar dependiendo de la especie, periodos de alimentación, estaciones del año, desove, entre otros (Kher-un-Nisa and Razia, 2010; Fernández de Souza et al., 2012).

El ambiente de cultivo también puede tener influencia en la composición de los organismos, Huang et al. (2004) estudiaron los efectos de la salinidad sobre el crecimiento y la composición bioquímica de *L. vannamei*, encontrando que la humedad, proteínas, aminoácidos y ácidos grasos, se modifica con los cambios en la salinidad, Liang et al. (2008) evaluaron la influencia de diferentes concentraciones de salinidad en la calidad nutricional de la misma especie, ellos vieron que los organismos cultivados en agua de mar tenía un mayor contenido de proteína cruda, menor humedad, y un pH mayor en la carne en comparación con las muestras de baja salinidad, mientras que no se encontraron diferencias significativas en los lípidos y cenizas.

Contenido de Proteínas y otros compuestos Nitrogenados: El tejido muscular contiene centenares de proteínas diferentes, que le otorgan el título de alimento de alta calidad nutricional, representando al rededor del 15-24% del total en peso húmedo (Sriket et al., 2007). Los compuestos nitrogenados aumentan el valor alimenticio (Haard, 1995) y la utilidad de los productos acuáticos de diversas maneras, en conjunto afectan a todas las características del alimento: color, sabor, textura, calidad nutritiva, seguridad y alteración posterior a la captura o cosecha, además de ser importantes por que participan en los cambios físico-químicos que se producen durante el procesado (Ezquerro et al., 2003; Díaz-Tenorio et al., 2006).

En comparación con los animales terrestres, los músculos de algunos organismos acuáticos contienen menos proteína de tejido conectivo (2-3% contra 16-

28%), más proteína de tipo miofibrilar (70-80% contra 39-68%) y más nitrógeno no proteico (10-40% o más de la fracción sarcoplásmica en los productos pesqueros) (Davis, 1999).

Nitrógeno no Proteico (NNP): Los organismos acuáticos también contienen otros componentes nitrogenados no proteicos disueltos en su plasma y líquidos intercelulares que contribuyen ampliamente a su sabor característico y su olor cuando está en proceso de deterioro. Para el caso de los organismos acuáticos el contenido de NNP es superior que al de otros organismos, por ejemplo un 9-18% del nitrógeno total en los teleósteos y un 33-38% en los elasmobranchios. Entre estos componentes están presentes los Aminoácidos libres, su contenido va de 0.5% a un 2% del peso del músculo (Finne, 1992). El músculo de los crustáceos, entre ellos la langosta, los camarones y los cangrejos, tienen un mayor contenido de aminoácidos libres que el músculo de los peces. Otro compuesto NNP de relativa importancia son las betaínas, especialmente abundantes en el músculo de los moluscos y crustáceos (0.4%-1.0%), las cuales contribuyen a su sabor característico (entre ellas la betaína mas común es la de la glicina). Los nucleótidos también forman parte del NNP, más del 90% de los que conforman el músculo son derivados de la purina, resultante del catabolismo del ATP (Rutier, 1999).

Composición de los Lípidos: El total de lípidos presentes en crustáceos es del 1-2%, una razón básica de este bajo nivel está en la presencia de la glándula hepatopáncreas que le permite acumular temporalmente las grasas y evita que se deposite en el músculo. La composición de lípidos en los camarones incluye triglicéridos, glicolípidos y fosfolípidos, predominando los fosfolípidos, éstos forman la estructura integral de las membranas en las células, por lo que, a menudo se denomina lípidos estructurales (Ackman, 1999; Nisa and Asadulla, 2006). Además están involucrados en algunos procesos esenciales para su crecimiento maduración y reproducción. Se considera como esenciales a 4 ácidos grasos: linoleico, linolénico, eicosapentanoico y docosahexanoico. Johnston et al. (1988) reportaron que el $\omega 6$ fue el mayor ácido graso encontrado en camarones de agua dulce mientras que el $\omega 3$ dominó

en los camarones marinos. Los lípidos de los organismos acuáticos difieren de los lípidos de los mamíferos, la principal diferencia es que estos lípidos incluyen hasta un 40% de ácidos grasos de cadena larga (14-22 átomos de carbono) que son altamente insaturados, las grasas de los mamíferos pocas veces contendrán más de dos dobles enlaces por molécula de ácido graso, mientras que en los organismos acuáticos se presentan varios ácidos grasos con cinco o seis enlaces dobles. Esta particularidad en los ácidos grasos provoca una mayor oxidación en el músculo de los organismos acuáticos que en aves de corral, corderos y cerdos (Moura and Tenuta-Filho, 2002; Cabrera et al., 2005).

El colesterol es otro componente lipídico presente en los crustáceos, es un esteroide (lípidos) que se encuentra en los tejidos corporales y en el plasma sanguíneo. Es esencial para crear la membrana plasmática que regula la entrada y salida de sustancias que atraviesan la célula (Ackman, 1999). Los moluscos y los crustáceos presentan relativamente alto colesterol, se han encontrado contenidos que van entre 90 y 200mg/100g dependiendo de la especie, estación, dieta, talla y el desarrollo ovárico (Oehlenschläger, 2006). Este tema del colesterol ha sido ampliamente discutido, provocando cierta reserva por parte de algunos nutriólogos, profesionales de la salud y consumidores por su alto contenido. Sin embargo estudios recientes han llegado a la conclusión que el consumo de camarón en individuos normolipidémicos no afecta negativamente el perfil general de lipoproteínas y contribuye a tener "un corazón saludable" (Syama et al., 2013).

Vitaminas y minerales: La carne de pescados y mariscos como el camarón son ricos en vitamina A ($>1.000 \text{ UI}/100\text{g}^{-1}$), Estos también han sido identificados como una fuente de vitamina B1, B2 y B12 (Hala, 2013). Además son ricos en minerales, Yanar y Celik (2005) reportaron que el Ca, K, P, Na, Fe, Selenio son los principales minerales presentes en músculo del camarón (*Penaeus semisulcatus* y *Metapenaeus monocero*).

En general las especies de camarón presentan una alta calidad nutricional son altos en proteínas, bajos en ácidos grasos saturados y calorías (Oksuz et al., 2009), además de ser aceptado como un producto de exquisito sabor, también han sido

identificados como una rica fuente de vitamina B₁₂, Selenio y ácidos grasos poliinsaturados (HUFA's), por lo que el consumo de esta especie en la dieta de forma regular, es benéfico para la salud. Ahora bien la calidad va más allá de su composición nutricional, también abarca aspectos de atributos sensoriales.

Textura

La textura de los camarones es un importante atributo sensorial que determina la calidad o aceptación, dependen de su composición química principalmente contenidos de proteínas, lípidos y agua. La proteína es el mayor componente en el músculo del camarón y la más utilizada para consumo, sin embargo su composición puede variar por diversos factores (Ezquerro et al., 2003).

Después de la muerte del camarón y de los organismos marinos en general, sobrevienen cambios químicos, microbiológicos y enzimáticos importantes, que de no ser controlados provocan el deterioro del producto (Durazo, 2006; Moawad et al., 2013). Estas alteraciones en la textura del músculo se deben principalmente a los cambios en la estructura y funcionalidad de la proteína, la oxidación de lípidos y la actividad enzimática especialmente las proteínas miofibrilares y estroma (Srinivasan et al., 1997; Durazo, 2006).

La textura puede ser evaluada organolépticamente, pero por muchos años ha existido la necesidad de desarrollar una prueba reológica confiable que pueda reflejar en forma precisa la evaluación subjetiva de un panel de jueces bien entrenados. La máquina Instron es uno de los instrumentos universales más populares para realizar estudios de propiedades de textura de los alimentos (Tamarit, 2008). Un método muy empleado para evaluar la textura es mediante la medición del esfuerzo al corte (se expresa en Newton), el cual es un indicador de blandura. En camarón existe un problema cuando se trabaja con organismos de diferente talla, pues se observa variabilidad por efecto del peso del músculo del camarón, produciendo errores en la comparación entre tratamientos a evaluar. Una práctica común para hacer comparables

los resultados que no lo son directamente es la de normalizar la variable ajustando los datos a un factor común (Srinivasan et al., 1997; Ezquerro et al., 2003; López-Caballero et al., 2007). Otra estrategia para el control de fuentes de variación secundarias que permita comparar los efectos medios entre tratamientos puede ser la técnica del Análisis de Covarianza (ANCOVA), la cual no se encuentra documentada en análisis de calidad para organismos acuáticos. El análisis de covarianza se basa en un modelo lineal aditivo, en el que además de los tratamientos, que siempre actúan como variables categóricas o de clasificación, se involucra una variable predictora numérica que no es fijada por el investigador. Mediante un modelo de regresión de la respuesta en función de la covariable, que se ajusta dentro de cada uno de los tratamientos, es posible extraer la variabilidad aportada por la covariable, haciendo posible la comparación de los tratamientos pues corrige los efectos de una variable concomitante relacionada a la variable de respuesta y subsecuentemente ajusta el error experimental en el análisis, mejorando la precisión del diseño (Badii, et al., 2008).

Color

El color de los camarones que se observa en la naturaleza se debe a la acumulación de carotenoides ingeridos en la dieta principalmente astaxantina, la cual la obtiene de las microalgas principalmente, pero en producción acuícola, los suplementos de astaxantina forman parte esencial del alimento comercial del camarón, debido a que el medio natural no alcanza a cubrir las necesidades (Flores, 2007; Parisenti et al., 2011). Estos carotenoides se encuentran unidos a proteínas conformando un complejo proteico llamado carotenoproteínas o crustacianina cuya absorción de la luz es alrededor de los 632 nm lo cual produce los colores verde, azul o morado del organismo vivo. Wade et al. (2009), mencionan que la crustacianina se encuentra exclusivamente en crustáceos como camarones, cangrejos y langostas; quienes presentan un mecanismo único para producir su color y los patrones intrincados del exoesqueleto que no se encuentra en ningún otro grupo de animales.

A través del proceso de cocción se libera la astaxantina, debido al rompimiento del complejo carotenoide-proteína por efecto de la desnaturalización proteica,

produciendo un efecto batocrómico es decir un cambio en la longitud de onda absorbida (a 470-472 nm) por los compuestos, permitiendo la expresión de la coloración roja original (Schubring et al., 2009).

La coloración roja/naranja que los consumidores desean en camarones cocinados se asocia a una mayor frescura y calidad. En Australia, el camarón tigre (*Penaeus monodon*) es comúnmente evaluado usando una tabla de clasificación subjetiva de color con puntuaciones que van de 1 a 12, reflejando baja a alta coloración (Tume, 2009), también es utilizado para medir este atributo el sistema de notación de color $L^* a^* b^*$, el cual mide el color absoluto en una escala tridimensional de valor, matiz y croma. Los camarones con las puntuaciones más altas son a menudo los que alcanzan los mejores valores comerciales y por lo tanto un mejor precio de mercado (Benjakul et al., 2008; Okpala et al. 2014).

Sabor

El sabor o el gusto de un componente se define como las sensaciones que resultan de la interacción de los alimentos con los receptores sensoriales en la lengua, como dulce, agrio, salado, amargo, y más recientemente umami (se refiere al sabor producido por aminoácidos libres, concretamente el ácido glutámico; el cual combinado con el sodio potencializa su sabor), es decir, una medida de las intensidades de sabores existentes. Además del sabor y gusto, también incluye los componentes volátiles detectados tanto a través de las fosas nasales de la nariz y el interior de la boca (Miguet y Habit, 2007).

Los sabores de los mariscos, se relacionan a los compuestos químicos que son solubles en agua (o en la saliva cuando se mastica) y producen los sabores característicos de una determinada especie. Tres grandes clases de productos químicos constituyen los compuestos de sabores primarios que se encuentran en pescados y mariscos. Estos incluyen: 1).- componentes solubles en agua de bajo peso molecular como aminoácidos libres; 2).- péptidos de bajo peso molecular, nucleótidos y

bases orgánicas, así como; 3).- Compuestos no nitrogenados como ácidos orgánicos, azúcares y constituyentes inorgánicos como sales. Ciertos aminoácidos libres como taurina, prolina, alanina y arginina son mucho más abundantes en camarones y cangrejos, que se cree sean los responsables del sabor relativamente más dulce (Whitfield et al., 1997; Rivas-Vega et al. 2001; Miget y Haby, 2007).

La concentración de aminoácidos libres en los camarones es el doble de la concentración que generalmente se encuentra en los vertebrados, especialmente la glicina. Por otro lado algunos aminoácidos son osmolitos importantes en los camarones por lo que las condiciones medioambientales de salinidad afectan las características de sabor de estos productos. McCoid et al. (1984) al trabajar con *L. vannamei* encontraron que al disminuir la salinidad del medio disminuye la concentración de aminoácidos libres, principalmente de glicina, prolina, arginina, serina/treonina y alanina que representan un 93 -96% del total de aminoácidos libres en el músculo. En el análisis sensorial realizado por Liang et al. (2008) mostraron que los extractos de camarón cultivado en agua de mar presentaron un mayor umami, dulzura y un mejor sabor en general en comparación con los organismos cultivados en agua de baja salinidad.

Además debido a que la solubilidad de los aminoácidos es alta, se ha visto que durante el manejo en hielo del camarón, el goteo o exudación del músculo arrastra a muchos de estos compuestos, ocasionando pérdida del sabor de la porción comestible y hasta el desarrollo de un sabor amargo (Durazo, 2006).

CONGELACION COMO MEDIO DE PRESERVACION DE LA CALIDAD

Proceso de congelación

Para el caso de los organismos acuáticos, están considerados como el grupo de alimentos más frágiles y perecederos (Sanjúas et al. 2012) debido a su alto contenido de agua, un pH que tiende a la neutralidad, gran contenido de aminoácidos libres y enzimas autolíticas que los hacen altamente susceptibles a cambios (Haard 1995;

Oksuz et al., 2009; Hala, 2013), por ello desde el momento de su captura o cosecha se les da un tratamiento con hielo, en el caso de los camarones son con bajas temperaturas alrededor de los 0°C, iniciando así su cadena de frío.

La forma más usual de comercializar el camarón es congelado, éste se usa como método de conservación ya que detiene el crecimiento microbiano y retarda la actividad enzimática, también forma cristales de hielo que evita que el agua esté a disposición de los microorganismos. Es el método de conservación utilizado por excelencia, sin embargo, la calidad final depende la calidad del producto en el momento de la congelación, así como otros factores durante el proceso como la temperatura de almacenamiento y método de descongelación (Keizer, 1999; Lamúa, 2000). Aunque la vida útil puede mantenerse durante un periodo de almacenamiento de más de un año, previo riguroso cumplimiento de un buen pre-procesado y de almacenamiento adecuado, las propiedades sensoriales se degradarán gradualmente y en menor medida también las nutritivas (Sanjúas et al., 2011).

El camarón tiene un 65-80% de agua y, como consecuencia el proceso de congelación tiene fundamentalmente que ver con la fase de transición del agua líquida a sólida (eliminación del calor latente) y en segundo lugar con la eliminación del calor sensible (disminución de la temperatura) (Keizer, 1996). Se tienen que tener algunas precauciones con el producto al momento de congelarlo, la principal es cuidar la velocidad de congelación. Generalmente cuando es rápida se obtiene un alimento de mejor calidad que cuando es lenta (Desrosier, 1994; Keiser, 1996; Gonclaves et al., 2009). Esto se atribuye principalmente a las diferencias en el número y tamaño de cristales formados durante el proceso de congelación. Durante la congelación lenta, se producen cristales de hielo de mayor tamaño y en menor número, al compararlos con un proceso de congelación rápida, lo que causa que dichos cristales ocasionen una mayor ruptura de las paredes celulares y pérdida de fluidos. En contraste con lo anterior, la congelación rápida produce un gran número de cristales de hielo de menor tamaño, por lo que la posibilidad de rompimiento de las paredes celulares disminuye (Lamúa, 2000; Sundararajan et al. 2011).

Principales cambios asociados a los procesos de congelación.

Muchas de las alteraciones que sufren las proteínas miofibrilares durante la congelación y el almacenamiento en congelación son causados principalmente por los cambios que ocurren con el agua presente en los tejidos y por determinadas reacciones químicas y enzimáticas que continúan aún a bajas temperaturas (Umaña, 2007; Ghaly et al., 2010). Según lo anterior durante el almacenamiento en congelación se pueden presentar 2 situaciones: una es la agregación proteica y la desnaturalización. La agregación ocurre cuando se forman los cristales de hielo; estos salen de la proteína produciendo altas concentraciones de solutos, dando origen a que algunos iones compitan por el agua debido a los sitios hidrofóbicos de las proteínas. Esto provoca una disminución en la hidratación de la proteína y con ello una disminución en la solubilidad de la misma. La segunda situación llamada desnaturalización de las proteínas, es cuando la proteína pierde su estructura nativa ya sea su estructura secundaria, terciaria y cuaternaria sin llegar a la hidrólisis (Figura 4). Esta desnaturalización por congelación puede conducir a cambios en la textura, retención de agua y la solubilidad emulsionantes. Las proteínas del camarón son muy sensibles a la desnaturalización (Ezquerro et al., 2003).

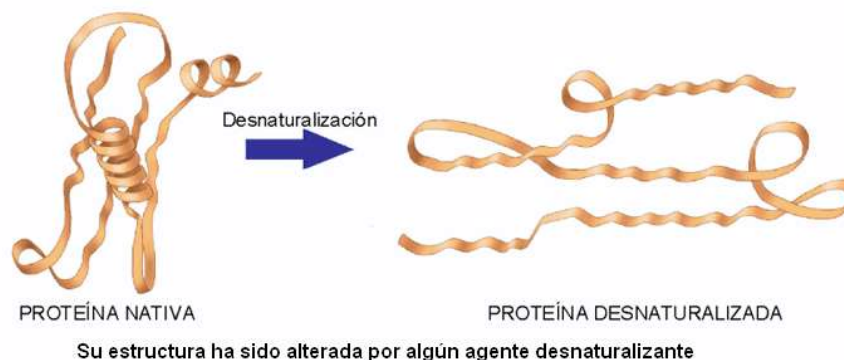


Figura 4. Desnaturalización de las proteínas.

Esta situación se presenta cuando se forman los cristales de hielo, que tienden a migrar para agruparse, de esta manera la proteína pierde estabilidad y disminuye su

hidratación por lo que se produce una redistribución de los puentes de hidrógeno y uniones hidrofóbicas en la proteína, las cuales participan en el mantenimiento de la conformación nativa de la proteína (Keizer, 1999). Lo anterior provoca pérdida de la estructura nativa de las proteínas. Existen varios mecanismos involucrados en dicha desnaturalización, como:

a). Redistribución del agua y concentración de solutos: Las reacciones de conformación y desconformación en los biopolímeros están reguladas en gran parte por el grado de ordenamiento de las moléculas de agua en el ambiente circundante, de dichos biopolímeros. Además, la estabilidad de la estructura tridimensional de las proteínas es altamente dependiente de los enlaces de hidrógeno, muchos de los cuales están relacionados con moléculas de agua. En el caso de la congelación, durante la formación de cristales, se lleva a cabo una redistribución del agua, que ocasiona una deshidratación de las moléculas de proteína, ya que el agua de deshidratación de las proteínas migra y empieza a formar parte de los cristales de hielo. Esto resulta en un rompimiento de los enlaces de hidrógeno, así como también se lleva a cabo la exposición de ciertas regiones de la molécula de proteína; consecuentemente al estar estas regiones vulnerables o desprotegidas se pueden llevar a cabo interacciones entre la misma molécula de proteína o entre moléculas vecinas, lo que da lugar a interacciones proteína-proteína y consecuentemente la agregación de dichas moléculas (Huss, 1998; Sundararajan et al., 2011).

b). Hidrólisis y oxidación de lípidos: Durante el almacenamiento congelado, la presión ejercida por los cristales de hielo formados en la estructura celular, puede causar el rompimiento de membranas y la deformación de otros organelos, manifestado por la desorientación o liberación de algunos lípidos y proteínas de sus compartimientos naturales, para así crear la posibilidad de formación de complejos entre los lípidos y las proteínas, diferentes a los encontrados de manera natural en la membrana celular, dicha interacción puede llegar a formar complejos insolubles de lípidos-proteína lo que afecta la estructura proteica nativa (Erickson and Hung, 1993; Boonsumrej et al., 2007).

c). El aumento de la trimetilamina, la interacción de los productos de oxidación de lípidos y la descomposición del óxido de trimetilamina (OTMA) han sido asociado con la desnaturalización de las proteínas durante el almacenamiento congelado. El formaldehído formado a partir de la descomposición del óxido de trimetilamina puede causar entrecruzamiento y la agregación de proteínas (Zeng et al. 2005; Sundararajan et al., 2011).

Las proteínas miofibrilares de los organismos acuáticos, pueden ser desdobladas por enzimas hidrolíticas como las catepsinas, estas enzimas se localizan en los lisosomas, de donde se pueden liberarse por efecto de la disminución del pH durante el rigor mortis o por ruptura de estructuras celulares debido a congelación inadecuada (Huss, 1998). Un grupo de proteasas intracelulares denominadas "calpainas" o "factor activado por calcio" se han reportado recientemente asociadas con la autólisis del músculo en pescados y crustáceos. Las calpainas han sido encontradas como las principales responsables de la autólisis post mortem en músculo, debido a la digestión de las proteínas de las miofibrillas (Durazo, 2006).

Cambios en el pH: El pH del camarón es generalmente aceptado como un buen indicador de calidad. El valor del pH no depende únicamente de la especie, sino en gran medida del tipo de cosecha o pesca utilizadas y del tratamiento postcaptura recibido por los organismos. En camarones, los rangos iniciales reportados como ideales son 6.0-6.8 según Fatma-Hassan (2011), sin embargo valores que no sobrepasen los 7.7 se consideran óptimos para producto almacenado. Los cambios producidos en el pH durante el almacenamiento dependen de factores físico-químicos, donde la tendencia es un aumento en este valor. Este incremento ocurre debido a cambios bioquímicos provocados por enzimas microbianas liberadas antes de la congelación y la pérdida de calidad durante el almacenamiento congelado. Los cambios en el pH han sido correlacionados con el nivel de indol, TMA (trimetilamina), TVB (bases volátil total), VB-N (nitrógeno básico volátil) (Mendes et al., 2005; Zeng et al., 2005). Estos compuestos alcalinos provocan el aumento en el pH en producto congelado. La TMA (trimetilamina), puede formarse a partir del OTMA (óxido de trimetilamina) por la reducción bacteriana, este compuesto (OTMA) se encuentra

naturalmente presente en el tejido vivo del camarón y cuando es degradado provoca un aumento en el pH. Las aminas volátiles se pueden producir en los organismos acuáticos por la descomposición de aminoácidos, la composición del camarón presenta un alto contenido de aminoácidos libres y otras sustancias no nitrogenadas solubles, que pueden servir como nutrientes fácilmente digeribles para el crecimiento microbiano (Zeng et al. 2005). El amoníaco es liberado por la descomposición de nucleótidos por enzimas tisulares, la adenosina desaminasa y monofosfatasa adenosina desaminasa (AMP) pueden conducir a un aumento en el pH de camarones (Sundararajan et al., 2011).

Durante el almacenamiento el pH se ve alterado principalmente por acción bacteriana, sin embargo a pesar de un adecuado protocolo de congelación, un mal proceso de descongelación puede contribuir a formar un medio rico para el crecimiento bacterial y su correspondiente aumento en el pH. Inclusive, el mantenimiento prolongado del producto a temperaturas ligeramente inferiores a 0° C resulta desfavorable pues el producto queda expuesto a concentraciones relativamente altas de solutos y se favorece el desarrollo de microorganismos psicrófilos. Srinivasan et al. (1997) mencionan que el aumento de ciclo de congelación-descongelación en el músculo de camarón provoca un incremento en el valor de pH debido al deterioro del producto.

Cambios en la textura: Los procesos de almacenamiento producen cambios, los cuales dependerán de diversos factores como la calidad de la materia prima, el tiempo de almacenamiento y el tipo de tratamiento al que se someta el producto (López-Caballero et al., 2007). Sundararajan et al. (2011) reporta que después de 180 días, las muestras de camarones almacenados bajo congelación ya sea criogénica o de aire forzado presentaron mayor esfuerzo al corte que las muestras de camarón fresco, esto es que el almacenamiento congelado provocó dureza en el producto. Existen algunos estudios que evalúan ciclos de congelación-descongelación donde aparentemente no se detectan cambios en el esfuerzo al corte después de 4 o 5 ciclos. Srinivasan et al. (1997), estudio este comportamiento en camarón *Machrobrachium rosenbergii* quienes reportan que se mantuvo el músculo estable dentro de tres ciclos

de congelación-descongelación. Sin embargo, los ciclos adicionales resultaron perjudiciales para las características fisicoquímicas y calidad de la textura. Se produjo un rápido aumento en la oxidación de los lípidos el cuál fue acompañado por el ablandamiento del producto cocinado debido a que disminuyó el esfuerzo al corte.

Cambios en la capacidad de retención de agua: En camarón, no existe un método estandarizado para determinar el porcentaje de pérdida de la capacidad de retención de agua, sin embargo es bien conocido que este disminuye conforme aumenta el tiempo de almacenamiento. Moawad et al. (2013), reportan disminución de la CRA en camarón blanco cuando fue congelado por seis meses. Díaz-Tenorio et al. (2006) menciona que el tipo de congelación también influye en la CRA encontrando que la congelación criogénica provoca menor agregación de proteínas, menos células rotas del músculo y como consecuencia mayor CRA que los camarones congelados por aire forzado.

Cambios en el color: Los cambios en el color cuando el camarón es almacenado se atribuye a la degradación de astaxantina, que se lixivia durante el almacenamiento congelado y la descongelación, la cual provoca una disminución del color (Erickson et al., 2007). Esto ocurre debido a que la molécula pigmentadora es ligeramente soluble en medio acuoso cuando se encuentra unida en el complejo carotenoide-proteína.

Moawad et al. (2013) midieron los valores de color (L^* , a^* , b^*) y reportan una disminución en los valores de a^* (rojo) después que el camarón fue congelado por 6 meses y posteriormente descongelado por medio de corriente de agua, mientras que valores de L^* y b^* (amarillo) fueron ligeramente mayores a los camarones frescos, esto lo atribuyen a cambios por efecto de la congelación como oxidación y a la probable lixiviación al momento de la descongelación.

La quemadura por frío es otra causa y provoca merma importante en el producto y una pérdida de valor del mismo porque se disminuye su calidad organoléptica, sin embargo cuando el camarón es procesado se utiliza un glaseado previo con agua para formar una capa protectora y así evitar esta deshidratación y su

consecuente cambio en el color. El tamaño de los cristales de hielo presentes en camarón congelado también puede afectar la percepción de su color; los cristales de hielo de mayor tamaño dispersan menos luz y hacen que el producto parezca pálido (Hui et al., 2006).

Otro importante cambio en el color de los camarones durante su manejo post-mortem y que disminuye considerablemente su valor comercial es la llamada melanosis o “blackspot”. La melanosis se dispara por un mecanismo bioquímico, de oxidación de los compuestos fenólicos a o-quininas por la acción de enzimas endógenas feniloxidasas (PPO), esto es seguido por polimerización no enzimática de las quinonas, dando lugar a pigmentos oscuros de alto peso molecular y que se activan en condiciones de refrigeración y enhielado, además mantienen su activación después del congelado (Benjakul et al., 2005; Nirmal and Benjakul, 2009).

La conclusión que puede ser extraída de los estudios en el área de calidad es que existen muchos factores tanto extrínsecos como intrínsecos que tienen una marcada influencia en la calidad final de los organismos acuáticos, en particular del camarón. La anterior revisión discutió sobre algunos factores del almacenamiento congelado que repercuten en la composición bioquímica y en la calidad físico-química de los camarones. Ahora bien, en la actualidad se destaca el cultivo en agua de baja salinidad por ser una alternativa viable a los problemas de enfermedades que se están presentado en los cultivos de ambiente costero, además de ser una opción de producción que permite llevar producto fresco a sitios alejados de las costas. De aquí la necesidad de abordar temas de calidad para camarón producido en agua de baja salinidad y conocer los cambios que se asocian al almacenamiento congelado y poder brindar información relevante que contribuya tanto con el sector productivo, de investigación y la industria alimentaria.

LITERATURA CITADA

- Abdullah, J. M. 2007. Normas de calidad en la industria alimentaria a nivel europeo a internacional. Implantación, problemáticas y desarrollo. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada, España. pp 47-70.
- Ackman, R.G. 1999. Composición y valor nutritivo de los lípidos del pescado y del marisco. En: Ruiter, A. (Ed.), Pescados y los Productos Derivados de la Pesca: Composición, Propiedades Nutritivas y Estabilidad. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 123-165.
- Alcalá-Álvarez, M. 2009. La acuicultura en el desarrollo. En: Potenciales de Desarrollo de Redes de Conocimiento en el Campo de la Biotecnología Marina en Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California, México. P 87-148.
- Badii, M.H., J. Castillo and A. Wong. 2008. Uso de Análisis de Covarianza (ANCOVA) en investigación científica. Innovaciones de Negocios 5(1): 25-38.
- Benjakul, S., W. Visessanguan, K. Kijroongrojana, and P. Sriket. 2008. Effect of heating on physical properties and microstructure of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. International Journal of Food Science and Technology, 43:1066–1072
- Boonsumrej, S., S. Chaiwanichsiri, S. Tantratian, T. Suzuki, and R. Takai, 2007. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast cryogenic freezing. Journal of Food Engineering. 0:292-299.
- Boyd, C.E., T. Thunjai and M. Boonyaratpalin. 2002 Dissolved salts in waters for inland, low-salinity shrimp culture. Global Aquaculture Advocate 5: 40-45.
- Boyd, C.E. and T. Thunjai. 2003. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp ponds in China, Ecuador, Thailand, and the United States. Journal of the World Aquaculture Society 34: 524-532.
- Cabrera, T., G. Cabrera, J. Rosas, A. Velásquez, and M. Silva. 2005. Variación de lípidos y ácidos grasos en camarones marinos consumidos en Venezuela. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 55(2):33-36.
- Charmantier, G., M. Charmantier-Daures, and K. Anger. 1998. Ontogeny of osmoregulation in the grapsid crab *Armases miersii* (Crustacea, Decapoda). Mar. Ecol. Prog. Ser. 164: 285-292.
- Cheng, M., C. Hu, Y. Liu, X. Zheng, and J. Qi. 2006. Effects of dietary calcium, phosphorus and calcium / phosphorus ratio on the growth and tissue mineralization of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity water. Aquaculture. 251,472–483.

- CONAPESCA. 2014. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca.
http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_2013
- CESAIBC. 2015. Comité Estatal de Sanidad e Inocuidad Acuícola de Baja California.
<http://www.cesaibc.org/sitio/>
- Crawford, D. 1982. Characterization of the collagen protein in smooth pink shrimp (*Pandalus jordanii*). M. S. Thesis. Oregon State University.
- Davis, H.K. 1999. Calidad y alteración del pescado crudo. En: Ruitter, A. (Ed.), Pescados y los Productos Derivados de la Pesca: Composición, Propiedades Nutritivas y Estabilidad. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 225-256.
- Desrosier N. W. 1994. Elementos de Tecnologías de Alimentos. Compañía Editorial Continental S.A. de C. V. México. 783 p.
- Durazo, B. E. 2006. Aprovechamiento de los Recursos Pesqueros. Departamento de editorial Universitaria. Mexicali, Baja California, México.
- Díaz-Tenorio M., F. L. García-Carreño, and R. Pacheco-Aguilar. 2006. Comparison of freezing and thawing treatments on muscle properties of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Journal of Food Biochemistry 31:563–576.
- Edwards, R. R. and A. B. Bowers. 1974. Shrimp research in lagoons of Mexico's Pacific coast. Fishing News 13(11): 14-15.
- Erickson, M.C. 1993. Compositional parameters and their relationship to oxidative stability of channel catfish. Journal of Agriculture and Food Chemistry 41: 1213-1218.
- Erickson, M. C., M. Bulgarellib, A. Resurreccionb, R. A. Vendettic, and K.A. Gatesc. 2007. Sensory differentiation of shrimp using a trained descriptive analysis panel. LWT, 40:1774–1783.
- Ezquerro, B.M., J. A. Salazar, and L. Bringas. 2003. Effect of dietary protein on muscle collagen, collagenase and shear force of farmed white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Eur Food Res Technol. 217:277–280.
- Ezquerro, B. M., L. Bringas-Alvarado, Burgos-Hernández A., Rouzaud-Sández O. 2004. Control de la composición química y atributos de calidad de camarones cultivados. In: Cruz-Suarez, L. E., D. Ricque Marie, M. G. Nieto López, D. Villareal, U. Scholz, M. González. 2004. Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Hermosillo, Sonora, México.

- FAO. 2014. Estado mundial de la pesca y la Acuicultura. <http://www.fao.org/3/a-i3720s.pdf>
- Fatma-Hassan, M. A. 2011. Quality evaluation of some fresh and imported frozen seafood. *Adv. J. Food Sci. Technol*, 3(1): 83-88.
- Fernández de Souza, A., D. Damasceno, K. Florentino da Silva, C. Damasceno, L. Campos, L. Jucá. 2012. Proximate composition and cholesterol content of the Pacific white shrimp. *Ciência Rural*, Santa Maria, 42(6):1130-1133.
- Flores M., F. Díaz, R. Medina, A. D. Re, and A. Licea. 2007. Physiological, metabolic and haematological responses in white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles fed diets supplemented with astaxanthin acclimated to low-salinity water. *Aquaculture Research*, 38:740-747.
- Fraga-Maicá, P., M. de Borba, T. Germano, W. Wasielesky. Effect of salinity on performance and body composition of Pacific white shrimp juveniles reared in a super-intensive system. *R. Bras. Zootec.*, 43(7):343-350.
- Ghaly A.E., D. Dave, S. Budge, M. S. Brooks .2010. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: review. *Am J Appl Sci* 7:846–864.
- Goodband, R. 2002. Functional properties of fish proteins. In: Alasalvar C, Taylor T (Eds). *Seafoods Quality, Technology and Nutraceutical Applications*. Springer. Berlin. pp.73-74.
- Gonclaves, A.A., C. S. Guidobono Gindri. 2009. The Effect of Glaze Uptake on Quality of Frozen Shrimp. *Journal of Food Engineering*, 90, 285-290.
- Guðjónsdóttir, M. 2011. Quality changes during seafood processing as studied with NMR and NIR spectroscopy. Thesis Philosophiae Doctor. Norwegian University of Science and Technology. Reykjavik, Islandia.
- Haard, N.F., 1995. Composition and nutritive value of fish proteins and other nitrogen compounds. En: Ruiter, A. (Ed.), *Fish and Fishery Products. Composition, Nutritive Properties and Stability*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 77-115.
- Hala Ali Abdel-Salam. 2013. Evaluation of nutritional quality of commercially cultured Indian white shrimp *Penaeus indicus*. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* , 2(4): 160-166.
- Hooper, K., K. Hobbs, J. B. Thuma. 2008. Invertebrate muscles: Thin and thick filament structure; molecular basis of contraction and its regulation, catch and asynchronous muscle. *Progress in Neurobiology*, 86:72–127.

- Huang K, W. Wang, J. Lu, and J. Zhou. 2004. The influence of salinity on the growth, biochemical composition of *Litopenaeus vannamei*. *Mar. Sci.* 28: 20–25.
- Hui, Y. H., N. Cross, H. Kristinsson, M. Lim, W. Nip, L. Siow, and P. Standfield. 2006. Biochemistry of seafood. In: Food Biochemistry and Food Processing. Blackwell Publishing Professional, Iowa, p. 351–378.
- Huss, H.H. 1998. El Pescado Fresco: su Calidad y Cambios de su Calidad. FAO Documento Técnico de Pesca No. 348. Roma, 202 pp.
- Jácome-Ibarra, 2009. Potenciales de Desarrollo de Redes de Conocimiento en el Campo de la Biotecnología Marina en Baja California. Coordinado por Ma. Del Carmen Alcalá Álvarez, editado por la Universidad Autónoma de Baja California. p.245-277.
- Johnson, W., F. Mahlberg, G. Chacko, M. Phillips, and G. Rothblat. 1988 The influence of cellular and lipoprotein cholesterol contents on the flux of cholesterol between fibroblasts and high density lipoprotein. *J. Biol. Chem.* 263:14099–14106.
- Keizer, C.1999. Congelacion y refrigeracion del pescado. En: Ruiter, A. (Ed.), Pescados y los Productos Derivados de la Pesca: Composición, Propiedades Nutritivas y Estabilidad. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 305-335.
- Kher-un, N., and Sultana, R. 2010. Variation in the proximate composition of shrimp, *Fenneropenaeus penicillatus* at different stages of maturity Pak. *J. Biochem. Mol. Biol.* 43(3):135-139.
- Lamúa, Manuel. 2000. Aplicación del Frío a los Alimentos. AMV Ediciones. Madrid, España. 350 p.
- Li, E., L. Chena, C. Zeng, X. Chen, N. Yu, Q. Lai, and J. G. Qin. 2007. Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. 265(4): 385–390.
- Liang, G., S. Wang, J. Wang, Q. Chang, and K. Mai. 2008. Comparison of flavor components in shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured in sea water and low salinity water. *Fisheries Science.* 74: 1173–1179.
- Lopez-Caballero, M.E., O. Martinez-Alvarez, M. C. Gomez-Guillen, and P. Montero. 2007. Quality of thawed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with melanosis-inhibiting formulations during chilled storage. *International Journal of Food Science and Technology.* 42:1029–1038.
- Martínez Córdova, L. R. 1993. Camaronicultura Bases Técnicas y Científicas para el Cultivo de Camarones Peneidos. AGT Editor. S.A. México D.F. p. 23-45.

- McCoid, V., R. Miget and G. Finne. 1984. Effect of environmental salinity on the free amino-acid composition and concentration in penaeid shrimp. *Journal of Food Science* 49: 327-330.
- Mendes R, Gonclaves A, Pestana J, Pestana C. 2005. Indole production and deep water pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) decomposition. *Journal of European Food Research and Technology* 221: 320–328.
- Miget, R.J. and M.G. Haby. 2007. Naturally-occurring compounds which create unique flavors in wild-harvested shrimp. A Wildlife & Fisheries Sciences / Agricultural Economics Staff Paper. Texas AgriLife Extension Service / Sea Grant Extension Program, The Texas A&M University System, College Station, Texas, USA.
- Moawad, R.K., M.S. Ashour, G.F. Mohamed, and M.A. El-Hamzy. 2013. Effect of Food Grade Trisodium Phosphate or Water Dip Treatments on Some Quality Attributes of Decapitated White Marine Shrimp (*Penaeus spp.*) During Frozen Storage. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(6): 3723-3734.
- Moura, A, and A. Tenuta-Filho. 2002. Efeito do processamento sobre os níveis de colesterol e 7-cetocolesterol em camarão-rosa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 22(2):117-121.
- Nirmal, N. P., and S. Benjakul. 2009. Melanosis and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) treated with catechin during iced storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57:3578–3586.
- Nisa, K. and H. Asadulla. 2006. Lipid classes and fatty acid content in muscle of shrimp species *F. penicillatus* and *F. merguensis* from Karachi coast. *Jour. Chem. Soc. Pac.* 28:6.
- Nunes, A. J., and C. Lopez. 2001. Low-salinity, inland shrimp culture in Brazil and Ecuador: economics, disease issues move farms away from coasts. *Global Aquaculture Advocate*. 4 (3): 62–64.
- Oehlenschläger, J. 2006. Cholesterol content in seafood data from the last decade: A review. In: *Seafood Research from Fish to Dish: Quality, Safety and Processing of Wild and Farmed Fish*. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. p. 41-59.
- Oksuz, A., A. Ozyilmaz, M. Aktas, G. Gercek, and J. Motte. 2009. A comparative study on proximate, mineral and fatty acid compositions of deep seawater rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas 1846) and red shrimp (*Plesionica martia*, A.Milne-Edwards, 1883). *J. Anim. Vet. Adv.* 8(1):183-189.

- Okpala, C., W. Sim-Choo, G. A. Dykes. 2014. Quality and shelf life assessment of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) freshly harvested and stored on ice. Food Science and Technology 55: 110-116.
- Parisenti J., L.H. Beirão, M. Maraschin, J.L. Mouriño, F. Do Nascimento Vieira, L.H. Bedin and E. Rodrigues. 2011. Pigmentation and carotenoid content of shrimp fed with *Haematococcus pluvialis* and soy lecithin. Aquaculture Nutrition, 17(2):530-535.
- Rivas–Vega M., O Rouzaud–Sandez, L. Martinez–Cordova y M. Ezquerria Brauer. 2001. Effect of feed protein level on digestive proteolytic activity, texture and thermal denaturation of muscle protein in reared blue shrimp. J. Aquat. Food Prod. Technol. 10, 25–38.
- Rosenberry, B. 2002. World shrimp farming 2002. Shrimp News International, p.276.
- Roy, L. A., D. A. Davis, I. P. Saoud, and R. P. Henry. 2007. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. Aquaculture. 262: 461-469.
- Roy, L. A., D. A. Davis, P. Saoud, C. A. Boyd, H. J. Pine, and C. E. Boyd. 2010. Inland shrimp culture in low salinity waters. Reviews in Aquaculture. 2: 191-208.
- Roy, L. A. and A. Davis. 2010. Requeriments for the culture of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters: water modification and nutritional strategies for improving production. X Simpoium Internacional de Nutrición Acuícola. 8-10 Noviembre. Monterrey, México. p. 69-78.
- Sanjuas R., B. García-Soto, J. Barros-Velázquez, J. R. Fuertes-Gamundi and S. P. Aubourg. 2011. Effect of a two-step natural organic acid treatment on microbial activity and lipid damage during blue whiting (*Micromesistius poutassou*) chilling. International Journal of Food Science and Technology, 46: 1021–1030.
- Sanjuás R. M., B. García-Soto, J. R. Fuertes-Gamundi, S. Aubourg, J. Barros-Velázquez. 2012. Effect of a natural organic acid-icing system on the microbiological quality of commercially relevant chilled fish species. Food Science and Technology 46: 217-223.
- Saoud, I.P., D. A. Davis, and D. B. Rouse. 2003. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. Aquaculture. 217:373– 383.
- Schubring R. 2009. Comparative study of DSC pattern, colour and texture of shrimps during heating. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 95(3):749-757.

- Shahidi, F., J. Synowiecki, and A. Onodonalore. 1992. Effects of aqueous washing on colour and nutrient quality of mechanically deboned chicken meat (MDCM). *Meat Science*. 32: 289-297.
- Sikorski, Z., and A. Kolakowska. 1994. Changes in protein in frozen stored fish. *Food Chem*. 60:99-112.
- Sivakumar, P., L. Suguna, C. and Gowri. 2000. Molecular species of collagen in the intramuscular connective tissues of the marine crab, *Scylla serrate*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 125,4: 555-562.
- Somer, M., and L. H. Mantel. 1991. Effect of dopamine and acclimation to reduce salinity on the concentration of cyclic AMP in the guills of the green crab *Carcinus maenas* (L). *Gen. Comp. Endocrinol*. 82(3):364-8.
- Sriket, P., S. Benjakul, W. Visessanguan, and K. Kijroongrojana. 2007. Comparative studies on the effect of the freezethawing process on the physicochemical properties and microstructures of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) muscle. *Food Chemistry*, 104:113-121.
- Srinivasan, S. L. Y. Xiong, S. P. Blanchard and J. H. Tidwell. 1997. Physicochemical changes in prawns (*Machrobrachium rosenbergii*) subjected to multiple freeze-thaw cycles. *Journal of Food Science*, 62(1): 123-127.
- Sundararajan, S., A. Prudente, J. D. Bankston, J. M. King, P. Wilson, S. Sathivel. 2011. Evaluation of green tea extract as a glazing material for shrimp frozen by cryogenic freezing. *Journal and Food Science*. 76:73-80.
- Suzuki, T. 1981. *Fish and Krill Protein: Processing Technology*. Barking, Essex, UK: Applied Science Publishers.
- Syama D. J., A. G. Ponniah, H. Imran Khan, E. P. Madhu Babu, K. Ambasankar and K. P. Kumarguru Vasagam. 2013. Shrimps-a nutritional perspective. *Current Science*, 104(11):1487-1491.
- Tamarit P. Y. 2008. Caracterización de la textura sensorial e instrumental del camarón de cultivo *Litopenaeus vannamei* en la camaronera de Tunas de Zaza. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Ciencia. Universidad de la Habana, Cuba.
- Thi L. P. 2011. Evaluation Of Flavor Of Pacific White Shrimp *Penaeus Vannamei* Cultured In Low Salinity Water. M. S. Thesis. Auburn University, Alabama.

- Tume, R. K., A. L. Sikes, S. Tabrett, and D. M. Smith. 2009. Effect of background colour on the distribution of astaxanthin in black tiger prawn (*Penaeus monodon*): Effective method for improvement of cooked colour. *Aquaculture*. 296: 129–135.
- Umaña, C. E. 2007. Conservación de Alimentos por Frío. *Fiagro y Fusades Proinnova*. México. p. 40-53.
- Wade, N., A. Tollenaere, M. R. Hall, and B. M. Degnan. 2011. Evolution of a Novel Carotenoid-Binding Protein Responsible for Crustacean Shell Color. *Mol. Biol. Evol.* 26(8):1851–1864.
- Walker, S. J., W. H. Neill, A. L. Lawrence, and D. M. Gatlin. 2009. Effect of salinity and body weight on ecophysiological performance of the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 380: 119-124.
- Watts, S.A., W.E. Yeh, and R.P. Henry. 1996. Hypoosmotic stimulation of ornithine decarboxylase activity in the brine shrimp, *Artemia franciscana*. *J. Exp. Zool.* 274:15-22.
- Whitfield, F., F. Helidoniotis, K. J. Shaw and D. Svoronos. 1997. Distribution of bromophenols in Australian wild-harvested and cultivated prawns (shrimp). *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 45: 4398-4405.
- Yanar, Y. and M. Celik. 2005. Seasonal amino acid profiles and mineral contents of green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus* De Haan, 1844) and speckled shrimp (*Metapenaeus monoceros* Fabricus, 1789) from the Eastern Mediterranean Sea. *Food Chemistry*. 94:33-36.
- Zeng Q.Z., K.A. Thorarinsdottir, G. Olafsdottir. 2005. Quality changes of shrimp (*Pandalus borealis*) stored under different cooling conditions. *Journal of Food Science* 70: 459-466.

**Calidad del camarón blanco cultivado en agua de baja salinidad y en agua marina
durante el almacenamiento congelado**

Francina Brizeyda López Tarín ^a

José Ángel Olivas Valdez^a

Alberto Barreras Serrano ^a

Fernando Figueroa Saavedra ^a

Cristina Pérez Linares ^a

Eduardo Sánchez López ^a

^a Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. 21100. Tel (686) 5636909.

Autor de correspondencia: José Ángel Olivas Valdez, Tel. 01(686) 563-69-06 correo electrónico olivasja@uabc.edu.mx

RESUMEN

El cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en agua dulce o de baja salinidad es una variante del cultivo marino que se está convirtiendo en una práctica común en numerosos países. Este estudio evaluó la calidad físico-química y composición proximal del camarón blanco durante el almacenamiento congelado cultivado en agua de baja salinidad y en agua marina. Se midió color (L^* , a^* , b^*) y esfuerzo al corte (EC) en camarón crudo y cocido; pH, capacidad de retención de agua (CRA) y composición proximal en camarón crudo. Las evaluaciones se hicieron a los 4, 8 y 14 meses de almacenamiento congelado. Los camarones cultivados en agua de baja salinidad presentaron, menor CRA, valores más bajos en color (producto cocido) y mayor porcentaje de humedad ($p < 0.05$), en comparación con los camarones cultivados en agua marina. No se encontraron diferencias entre camarones de ambos sistemas en el pH y EC en producto crudo y cocido ($p > 0.05$). Al final del estudio, el porcentaje de proteínas y lípidos fue mayor en camarones cultivados en agua de mar ($p < 0.05$). El factor tiempo provocó cambios asociados a pérdidas de calidad en las variables estudiadas, donde los camarones de agua de baja salinidad resultaron más susceptibles al deterioro.

Palabras clave: camarón, calidad, agua dulce, congelado, almacenamiento.

ABSTRACT

The culture of White shrimp *Litopenaeus vannamei* in fresh water or low salinity water has become a common practice in many countries. This study evaluated the physical-chemical quality and proximate composition of frozen white shrimp cultured in low salinity water and sea water. Colour (L^* , a^* , b^*) and shear force (SF) were measured in raw and cooked shrimp; and also pH, water holding capacity (WHC) and proximate composition of raw shrimp were obtained. The evaluations were made at 4, 8 and 14 months of frozen storage (Time 1, 2 and 3 respectively). The shrimp cultured in low salinity water presented lower WHC, lower color values (cooked product) and higher moisture content ($p < 0.05$), compared with the culture shrimps in sea water. No differences were found between shrimps cultured in both system in pH and SF raw and cooked shrimp ($p > 0.05$). At the end of study the percentage of proteins and lipids was higher in shrimp cultured in sea water ($p < 0.05$). Storage time caused changes ($p < 0.05$) in the studied variables associated with quality, shrimps produced in low salinity water were more susceptible to deterioration.

Key words: shrimp, quality, freshwater, frozen, storage.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en agua de baja salinidad es una práctica que se ha extendido en numerosos países como China, Tailandia, Estados Unidos, Ecuador y México⁽¹⁾. En México, ésta modalidad de cultivo ha ido en aumento, y recientemente se ha visto como una opción a los problemas sanitarios observados en los cultivos tradicionales en ambiente costero. Sin embargo, respecto al producto, existe la percepción generalizada por parte de los consumidores, que los camarones cultivados en agua de baja salinidad presentan menor calidad (textura, color y sabor) en relación a los producidos en agua marina. No obstante, existe poca información que demuestre la superioridad de uno u otro producto en relación a su origen. En México el 99% de las exportaciones de camarón se comercializa congelado⁽²⁾, razón por la cual, es importante conocer los cambios asociados a su almacenamiento.

El camarón, se considera como un grupo de alimentos frágil y perecedero⁽³⁾ debido a su alto contenido de agua, un pH que tiende a la neutralidad, gran contenido de aminoácidos libres y enzimas autolíticas que lo hacen susceptibles a cambios de calidad^(4, 5). Por ello, inmediatamente después del sacrificio se debe utilizar un método de conservación. El almacenamiento congelado es uno de los más utilizados para preservar las características originales del camarón, pues permite reducir la actividad microbiana y enzimática y conservar por largos periodos la calidad del producto. A pesar de ello, las propiedades sensoriales y en menor grado las nutritivas se irán degradando gradualmente⁽⁶⁻⁸⁾. Se sabe poco sobre la influencia de la salinidad del agua de cultivo en la calidad del camarón y en los cambios a lo largo de su almacenamiento; sin embargo, se ha reportado que los camarones cultivados en agua de mar presentan mayor porcentaje de proteína cruda, menor humedad y pH que los cultivados en agua de baja salinidad⁽⁹⁾. El color y la textura son características que también influyen en el consumidor para la aceptación y valor en el mercado, una coloración rojo/naranja se asocia a mayor calidad⁽¹⁰⁾ al igual que una textura firme en el músculo⁽¹¹⁾.

Debido al aumento en la producción de camarón en aguas de baja salinidad, el cual se comercializa mayormente congelado y en respuesta a la escasa información sobre la calidad de este producto, el presente estudio plantea evaluar la calidad físico-química y

composición proximal del camarón blanco cultivado en agua de baja salinidad y en agua marina durante diferentes tiempos de almacenamiento congelado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron camarones *Litopenaeus vannamei* cultivados en agua de baja salinidad ($1.0 \pm 0.2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y agua marina ($40.0 \pm 2.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) de dos granjas ubicadas en el municipio de Mexicali, estado de Baja California, México. El ciclo de cultivo en ambas granjas se llevó durante 120 días en los meses de mayo a septiembre, bajo un esquema de producción semi-intensiva (densidad de $40 \text{ org}/\text{m}^2$) en estanques de tierra, alimentados con la misma dieta comercial con 35% de proteína, 8% de lípidos y 3% fibra. Durante las actividades de cosecha, se tomó una muestra al azar de 30 kg de camarón. Los camarones se sacrificaron en agua con hielo a una temperatura de $0 \pm 1^\circ\text{C}$. Inmediatamente fueron transportados en proporción 2:1 hielo camarón a las instalaciones de una planta procesadora donde inicialmente se tomaron muestras para determinar el peso promedio.

Método de congelación y almacenamiento

En la planta, los camarones fueron descabezados manualmente y manejados de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-242-SSA1-2009) para su proceso de congelación a -35°C , formando bloques de producto congelado denominados marquetas con 5 lb de camarón cada una, mismas que fueron glaseadas y empaquetadas en bolsas de polietileno para una mejor conservación. Tras el proceso de congelación y empaque, las marquetas fueron transportadas al laboratorio de calidad físico-química de productos de origen animal del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, donde se colocaron en un congelador a -20°C para su almacenamiento.

Muestreo

Se obtuvieron 4 marquetas de cada uno de los dos sistemas de cultivo. Durante el estudio se tomó 1.6 libras de camarón por marqueta para sus análisis a los 4, 8 y 14 meses (Tiempo 1, 2 y 3 respectivamente).

Procesos de descongelación y cocción de las muestras

Para el proceso de descongelación se tomaron 30 colas o abdómenes por porción de marqueta y se colocaron en refrigeración a 3°C por 24 horas. Diez fueron cocidos en agua hirviendo a 100° C durante 2 minutos e inmediatamente después enfriados en agua con hielo⁽¹²⁾, posteriormente se les retiró el exoesqueleto. El resto se analizaron crudos sin exoesqueleto, utilizando 5 colas de camarón para cada uno de los análisis físico-químicos (pH, color, esfuerzo al corte y CRA).

pH

Para la determinación de pH se insertó el electrodo directamente en el músculo del producto crudo⁽¹³⁾, mediante un potenciómetro de punción digital (HANNA Instruments Inc, modelo HI 99163).

Color (L*, a*, b*)

Los valores de color (L*, a*, b*); dónde: L* mide la luminosidad, a* la intensidad de color rojo-verde y b* la intensidad de color amarillo-azul⁽¹⁴⁾; se evaluaron en la superficie del músculo del camarón crudo y cocido tomando tres lecturas de cada organismo y promediando estos valores para dar una lectura por unidad⁽¹⁵⁾. Para ello se empleó un espectrofotómetro Minolta CM-2002 (Minolta camera, Co., Ltd, Osaka, Japón) con un componente especular incluido (SCI), un iluminante D₆₅ y un observador de 10°.

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La CRA se determinó en producto crudo⁽¹⁶⁾ colocando muestras de 2 ± 0.1 g dentro de tubos cónicos de 50 mL, estas fueron centrifugadas a 6000 x g por 10 minutos a temperatura ambiente (28 °C) en una centrifuga (International Equipment Company Modelo B-22M). Para el cálculo de la CRA se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%CRA = [1 - (Pi - Pc)/Pi] \times 100$$

Dónde:

Pi= peso inicial de la muestra

Pc= peso de la muestra centrifugada.

Esfuerzo al corte

Se midió el esfuerzo al corte en producto crudo y cocido. Los cortes de las fibras musculares se realizaron transversalmente entre el segundo y tercer segmento abdominal utilizando las cuchillas Warner-Bratzler a través de un texturómetro (LLOYD INSTRUMENTS, Fareham Hampshire, UK England) a una velocidad de 100 mm/min⁽¹⁷⁾. Los valores de esfuerzo al corte fueron expresados en Newton (N). Debido a la variabilidad en los pesos de las muestras, los valores se ajustaron utilizando una covariable en un modelo lineal para un DCA (Diseño Completamente al Azar) con submuestreo. Los valores ajustados se generaron para cada tiempo de almacenamiento.

Composición proximal

De cada una de las 4 marquetas por tratamiento se utilizaron 5 colas sin exoesqueleto, se secaron, molieron y homogenizaron, obteniendo 4 muestras del homogenizado por tratamiento. Cada una de ellas se analizó por triplicado. Las cenizas se obtuvieron por calcinación a 550 °C por 6 horas. La determinación de humedad y proteína cruda se evaluó por el método descrito de la AOAC ⁽¹⁸⁾, mientras que los lípidos totales se analizaron por el método de Folch⁽¹⁹⁾.

Análisis estadístico

Se evaluaron camarones procedentes dos sistemas de cultivo: camarones cultivados en agua dulce (tratamiento 1) y camarones cultivados en agua marina (tratamiento 2). Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a las unidades experimentales según un Diseño Completamente al Azar (DCA) con submuestreo en tres tiempos de almacenamiento (4, 8 y 14 meses de almacenamiento congelado). Donde las unidades experimentales fueron las marquetas de camarón (4 por tratamiento) y las unidades de observación el músculo o cola de cada organismo (5 por unidad experimental). El análisis se realizó con dos variables: a) dentro de tiempos; b) incluyendo tiempo en el modelo completo. Para la comparación entre tratamientos y la interacción entre tiempo y tratamiento se utilizó Análisis de Varianza (ANOVA), aplicando el procedimiento GLM

(Modelo Lineal General) del paquete estadístico SAS 9.3 para Windows (SAS Institute, Inc).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los organismos del tratamiento 1 presentaron un peso promedio de 24.0 ± 3.2 g mientras que los del tratamiento 2 su peso fue de 18.1 ± 3.1 g. No se observó interacción de tratamiento por tiempo ($p > 0.05$) para ninguna de las variables consideradas. Por lo que se describen los efectos de los tratamientos en cada uno de los tiempos de estudio y el efecto del tiempo sobre la variable, describiendo su tendencia a lo largo del estudio.

pH

No se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos independientemente de los tiempos considerados, presentándose un pH en el tiempo 1 de 6.08 y de 6.04 para el producto de agua de baja salinidad y de agua marina respectivamente. Asimismo, se observó un aumento durante su almacenamiento de 9.9 % como promedio de ambos tratamientos, alcanzando un pH final de 6.77 y 6.69 para los camarones de agua de baja salinidad y de agua marina respectivamente, valores alejados de 7.7 considerado como crítico para camarón⁽²⁰⁾. En camarón marino se ha reportado valores de pH superiores a los observados en este estudio, de 6.6 en camarón fresco y de 7.5 en camarón congelado a los 6 meses de almacenamiento⁽²¹⁾. El aumento del pH durante el almacenamiento se atribuye a la acumulación de compuestos alcalinos como trimetilamina, bases volátiles totales, aminas volátiles y amoniaco producidos por las enzimas endógenas y bacterianas que continúan su actividad aún bajo condiciones de congelación^(11,13). Las diferencias en el pH inicial están relacionadas a los cambios post-mortem influenciados por la alimentación y sacrificio principalmente. En este estudio el pH inicial puede ser reflejo de suficientes reservas de glucógeno presentes en el músculo, un efecto asociado a bajo estrés en los camarones durante la cosecha⁽²²⁾.

Color (L^* , a^* , b^*)

En las muestras de producto crudo (Cuadro 1), la variable L^* no presentó diferencias entre tratamientos ($p>0.05$), sin embargo se observó un incremento en sus valores en el tiempo 3 ($p<0.05$), tendencia similar a lo reportado por otros autores, quienes observaron un aumento en los valores de luminosidad en camarón cultivado en agua marina durante el almacenamiento^(21,23), lo cual demuestra el cambio de la apariencia translúcida del camarón fresco a una coloración blanquecina por efecto del tiempo⁽²⁴⁾. La variable a^* presentó diferencias entre tratamientos en el tiempo 1 ($p<0.05$) siendo mayor en producto de agua de baja salinidad, sin embargo, en el tiempo 2 y 3 no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Al final del estudio, se aprecia una disminución de los valores de a^* por efecto del tiempo, esto en la escala de color se refiere a un gris apagado. La variable b^* no presentó diferencias entre tratamientos ($p>0.05$), aun así, se observan cambios en sus valores, a través del tiempo de estudio con tendencia a un aumento. Lo anterior, se atribuye a la degradación de astaxantina, carotenoide responsable del color, que se lixivia durante el almacenamiento congelado y a la oxidación de lípidos en el camarón la cual provoca una disminución del color^(25,26). En producto cocido (Cuadro 1) la variable L^* fue similar entre tratamientos ($p>0.05$), resultando significativo el tiempo ($p<0.05$), observándose una menor luminosidad en el producto. La variable a^* no mostró diferencias entre tratamientos en el tiempo 1, sin embargo, en los tiempos 2 y 3, el producto de origen marino presentó valores superiores ($p<0.05$). El color rojo-naranja característico en camarón lo produce principalmente la astaxantina, un carotenoide que necesita ser ingerido en la dieta⁽²⁷⁾ y se encuentra presente en las comunidades del perifiton y plancton, las cuales varían entre los dos sistemas de cultivo, inclusive entre los estanques de una misma granja⁽²⁸⁾. Por lo tanto, las diferencias observadas en el color se pudieran atribuir a las distintas poblaciones presentes en los estanques, las cuales forman parte de la dieta del camarón. En esta variable no fue significativo el tiempo ($p>0.05$), contrario a un experimento anterior que reporta disminución en los valores de a^* durante el almacenamiento⁽²⁹⁾. Finalmente, la variable b^* fue superior ($p<0.05$) en los camarones de agua marina y aumentó conforme el tiempo. Lo anterior se explica por la pérdida de pigmentos que ocurre durante el almacenamiento congelado^(23,30). En general las

muestras sometidas a cocción indicaron mejor coloración en los camarones de agua marina.

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La CRA fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en los camarones de agua marina (Cuadro 2). Condición que puede ser originada por la concentración de cloruro de sodio presente en el músculo del camarón, pues ésta aumenta de acuerdo a la salinidad en el agua⁽³¹⁾, provocando una mayor CRA debido al complejo sal proteína que se forma en tales circunstancias, por la afinidad preferencial de las proteínas por el ion Cl^- ⁽³²⁾. El tiempo mostró un efecto negativo sobre esta variable, provocando una disminución durante el almacenamiento, debido a los cambios en la composición y conformación proteica⁽¹¹⁾, donde la molécula de la miosina sufre una agregación formando enlaces cruzados causando una menor interacción de las proteínas con la molécula de agua⁽³²⁾.

Esfuerzo al corte

Los valores de esfuerzo al corte en camarones crudos demuestran igualdad entre tratamientos ($p < 0.05$) en el tiempo 1 y 3. El efecto del factor tiempo en esta variable no fue significativo ($p < 0.05$), sin embargo, se observa un ligero aumento en los valores, esto se encuentra relacionado con la disminución de la capacidad de retención de agua que se observó en ambos tratamientos, lo cual provoca pérdidas por goteo y como consecuencia dureza en el músculo⁽²³⁾.

En camarones cocidos esta variable se mostró similar ($p > 0.05$) en ambos tratamientos. Se han reportado valores de esfuerzo al corte de 24.22 N en camarón cocido a 100°C ⁽³⁴⁾, distintos a lo encontrado en este estudio, los cuales se atribuyen a la diferencia en talla. El efecto del tiempo no fue significativo ($p > 0.05$). Estos resultados indican que la temperatura de almacenamiento fue adecuada permitiendo estabilidad en el músculo y evitando cambios drásticos en el esfuerzo al corte a lo largo del estudio.

Composición proximal

La humedad en los camarones de agua de baja salinidad fue mayor ($p < 0.05$) en el tiempo 1 y 3 (Cuadro 3), lo cual coincide con otros estudios llevados a cabo con esta

especie⁽⁹⁾. El contenido de humedad juega un rol importante en los mecanismos de osmorregulación, en los organismos aclimatados a bajas salinidades, una de las respuestas inmediatas a esos cambios del medio son la hidratación del tejido, presumiblemente a través de estrategias que permiten el equilibrio de la presión osmótica del medio interno^(1,31). El tiempo resulto significativo ($p < 0.05$), donde los porcentajes de humedad disminuyeron en ambos tratamientos a lo largo del periodo de estudio, cambios debido a la pérdida de agua del tejido por evaporación, por sublimación y por exudación^(21,35).

El contenido de proteínas y lípidos en el tiempo 1 y 2 no fue significativo ($p > 0.05$) entre tratamientos, por lo tanto la salinidad no influyó en la concentración de estas variables, similar a lo reportado por algunos autores⁽³⁶⁾; sin embargo otro experimento encontró mayores concentraciones de proteína en los organismos cultivados en agua marina⁽⁹⁾. En este análisis esa tendencia se aprecia en el tiempo 3, donde los camarones de agua marina presentaron valores superiores en ambas variables ($p < 0.05$). El impacto del tiempo resulto significativo ($p < 0.05$) provocó una disminución de las proteínas de 5.7 y 0.38% en el tratamiento 1 y 2 respectivamente; mientras que en la fracción lipídica la disminución fue de 19.6% en el tratamiento 1 y 3.73 % para el tratamiento 2. Estos cambios se relacionan a las pérdidas por goteo que ocurren durante el almacenamiento prolongado, produciendo una pérdida de la porción de las proteínas sarcoplásmicas^(37,38). En el caso de los camarones la fracción lipídica es relativamente pequeña, por lo tanto no existe gran repercusión sobre la calidad, a diferencia de algunas especies de pescado grasas que sufren cambios drásticos, los cuales se manifiestan con olores desagradables (rancio) y cambios en su textura^(22,39); aun así, ocurre una oxidación de los lípidos que se refleja en el valor final, donde los camarones de agua de baja salinidad presentaron mayor degradación. El porcentaje de cenizas, fue similar en ambos tratamientos a lo largo del estudio ($p > 0.05$), sin cambios debido al almacenamiento⁽³⁾.

CONCLUSIONES

En base a este estudio se observa que los camarones cultivados en agua de baja salinidad presentaron mayor porcentaje de humedad, menor CRA y valores más bajos

en color (producto cocido). Los organismos de ambas procedencias mostraron cambios y deterioro diferencial en la calidad durante el tiempo de estudio, debido a las reacciones químicas y enzimáticas que ocurren durante su almacenamiento, resultando más susceptibles al deterioro aquellos procedentes de agua de baja salinidad. Por lo que se requiere realizar más estudios que sirvan como fundamento a la industria alimentaria para la búsqueda de procesos que mantengan o prolonguen la calidad del camarón congelado que se cultiva en agua de baja salinidad.

LITERATURA CITADA

1. Roy AL, Davis DA, Saoud IP, Boyd AC, Pine JH, and Boyd EC. Inland shrimp culture in low salinity waters. *Aquaculture* 2010; (2): 191-208.
2. CONAPESCA. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_estadistico_de_acuicultura_y_pesca_2011
3. Sanjuás RM, García SB, Fuertes GJ, Aubourg S, Barros VJ. Effect of a natural organic acid-icing system on the microbiological quality of commercially relevant chilled fish species. *J Food Sci Technol* 2012; (46): 217-223.
4. Oksuz A, Ozyilmaz A, Aktas M, Gercek G, Motte J. A comparative study on proximate, mineral and fatty acid compositions of deep seawater rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas 1846) and red shrimp (*Plesionika martia*, A. Milne-Edwards, 1883). *J Anim Vet Adv* 2009; (8): 183–189.
5. Ezquerro BM, Salazar LJ, Bringas AL, Rouzaud SO. Effect of dietary protein on muscle collagen, collagenase and shear force of farmed white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Eur Food Res Technol* 2003; (217):277–280.
6. Lamúa M. Aplicación del frío a los alimentos. Madrid, España: AMV Ediciones; 2000.
7. López CM, Martínez AO, Gómez GM, Montero P. Quality of thawed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with melanosis-inhibiting formulations during chilled storage. *Int J Food Sci Technol* 2007; (42):1029–1038.

8. Nirmal NP, Benjakul S. Effect of ferulic acid on inhibition of polyphenoloxidase and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. Food Chem 2009; (116): 323–331.
9. Liang M, Wang S, Wang J, Chang Q, Mai K. Comparison of flavor components in shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured in sea water and low salinity water. Fisheries Sci 2008; (74): 1173–1179.
10. Tume R, Sikes AL, Tabrett S, Smith DM. Effect of background colour on the distribution of astaxanthin in black tiger prawn (*Penaeus monodon*): Effective method for improvement of cooked colour. Aquaculture, 2009. (296):129–135.
11. Díaz TL, García CF, Pacheco AR. Comparison of freezing and thawing treatments on muscle properties of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). J Food Biochem 2006; (31):563–576.
12. Xiong S, Xiong L, Blanchard SP, Wang B, Tidwell JH. Evaluation of tenderness in prawns (*Machrobrachium rosenbergii*) marinated in various salt and acid solutions. Int J Food Sci Technol 2001; (37): 291-296.
13. Zeng Q, Thorarinsdottir K, Olafsdottir G. Quality changes of shrimp (*Pandalus borealis*) stored under different cooling conditions. Sensory and Nutritive Qualities of Food 2005; (70):459-466.
14. CIE. Recommendations on uniform color spaces-color difference equations. Psychometric Color Terms. Supplement No. 2 Commission Internationale de l'Éclairage. París. 1976.
15. Wade MN, Anderson M, Sellar JM, Tume KR, Preston PN, Glencross BD. Mechanisms of colour adaptation in the prawn *Penaeus monodon*. J Exp Biol 2011; (215): 343-350.
16. Montero P, Gómez GM, Borderías J. 1996. Influencia de la subespecie, estacionalidad y procedimientos de estabilización en la aptitud gelificante del músculo de sardina (*Sardina pilchardus*) congelado. Food Sci Technol Int 1996; (2): 111-122.

17. Srinivasan S, Xiong LY, Blanchard PS, Tidwell HJ. 1997. Physicochemical changes in prawns (*Machrobrachium rosenbergii*) subjected to multiple freeze-thaw cycles. J Food Sci; 62(1): 123-127.
18. AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Volumen II. Edited by Kenneth Herlich. 1995: 777-778.
19. Folch J., Lees M, Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J Biol Chem 1957; (226):497-509.
20. Fatma-Hassan MA. Quality evaluation of some fresh and imported frozen seafood. Adv J Food Sci Technol 2011; 3(1): 83-88.
21. Moawad RK, Ashour MS, Mohamed GF, El-Hamzy MA. Effect of food grade trisodium phosphate or water dip treatments on some quality attributes of decapitated white marine shrimp (*Penaeus spp.*) during frozen storage. J Appl Sci Res 2013; 9(6): 3723-3734.
22. Emire SA, Gebremariam MM. Influence of frozen period on the proximate composition and microbiological quality of Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). J Food Process Pres 2009; (34):743–757.
23. Sundararajan S, Prudente A, Bankston JD, King JM, Wilson P, Sathivel S. Evaluation of green tea extract as a glazing material for shrimp frozen by cryogenic freezing. J Food Sci 2011; (76):73-80.
24. Tsironi T, Dermesonlouoglou E, Giannakourou M, Taoukis P. Shelf life modelling of frozen shrimp at variable temperature conditions. J Food Sci Technol 2009; (42): 664-671.
25. Erickson MC, Bulgarellib M, Resurreccionb A, Vendettic RA, Gatesc KA. Sensory differentiation of shrimp using a trained descriptive analysis panel. LWT 2007; (40):1774–1783.
26. Imran A, Chawalit J, Somrote K. Characterization of quality degradation during chilled shrimp (*Litopenaeus vannamei*) supply chain. Int Food Res J 2013; 20(4): 1833-1842.
27. Parisenti J, Beirao LH, Mouriño JL, Vieira F, Buglione CC, Maraschim M. Effect of background color on shrimp pigmentation. Bol Inst Pesca 2011; 37(2): 177–182.

28. Thi LP. Evaluation of flavor of pacific white shrimp *Penaeus vannamei* cultured in low salinity water [Master Thesis]. Alabama, USA: Auburn University; 2011.
29. Teerawut S, Pratumchart B. Effect of EDTA on physical and sensory properties of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during ice storage. *Thammasat Int J Sci Tech* 2014; 19(1):72-82.
30. Okpala RC, Sim-Choo W, Dykes AG. Quality and shelf life assessment of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) freshly harvested and stored on ice. *LWT Food Sci Technol* 2014; (55): 110-116.
31. Papadopoulos L, Gunnar F. Effects of gradual and acute changes in salinity on the moisture, salt and free amino acid content in the tail muscle of brown shrimp (*Penaeus aztecus*). *J Agr Food Chem* 1985; 33(6): 1174-1177.
32. Ozimek, G. and Poznanski S. Influence of an addition of textured milk proteins upon physicochemical properties of meat mixtures. *J Food Sci* 1982; (47): 234-239.
33. Ramirez GH, García SC, Pacheco AR, Ramirez SJ, Lugo SM, Scheuren AS. The influence of ante-mortem hypoxia on the physicochemical stability of myofibrillar proteins in the muscle tissue of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) exposed to multiple freeze–thaw cycles. *Eur Food Res Technol* 2012; (235): 37–45.
34. Lauren B, Mallikarjunan P, Jahncke M, Grisso R. Optimum cooking conditions for shrimp and atlantic salmon. *J Food Sci* 2013; 78(2): 303-313.
35. Genot, C. 2003. Congelación y calidad de la carne. Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A.; 2003.
36. Li E, Chena L, Zeng C, Chen X, Yu N, Lai Q, Qin JG. Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture* 2007; 265(4): 385–390.
37. Haard NF. Composition and nutritive value of fish proteins and other nitrogen compounds. En: Ruiter, A. (Ed.), *Fish and Fishery Products. Composition, Nutritive Properties and Stability*. CAB International, Wallingford, UK, 1995:77-115.

38. Azam S, Mansur A, Asadujjaman M, Rahman M, Sarwer M. Quality and safety aspects of fresh and frozen prawn (*Macrobrachium rosenbergii*), Bangladesh. American J Food Sci Tech 2013; 1(4): 77-81.
39. Sriket P, Benjakul S, Visessanguan W, Kijroongrojana K. Comparative studies on the effect of the freezethawing process on the physicochemical properties and microstructures of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) muscle. Food Chem 2007; (104):113-121.

CUADROS

Cuadro 1. Cambios en los valores de color L*, a*, b* durante el almacenamiento congelado.

Variables	Crudo			Cocido		
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	EE	Tratamiento 1	Tratamiento 2	EE
Tiempo 1						
L*	35.881 ^a	34.792 ^a	0.56	68.154 ^a	68.302 ^a	1.45
a*	2.417 ^a	1.554 ^b	0.21	13.143 ^a	14.387 ^a	1.30
b*	-2.20 ^a	-1.698 ^a	0.24	14.835 ^b	17.895 ^a	0.83
Tiempo 2						
L*	35.172 ^a	34.955 ^a	0.69	66.990 ^a	66.959 ^a	0.68
a*	2.732 ^a	2.444 ^a	0.20	12.550 ^b	15.624 ^a	0.78
b*	-1.747 ^a	-1.758 ^a	0.25	14.310 ^b	20.295 ^a	0.81
Tiempo 3						
L*	38.706 ^a	37.510 ^a	0.88	67.493 ^a	66.439 ^a	0.82
a*	1.890 ^a	1.661 ^a	0.39	12.660 ^b	15.892 ^a	1.09
b*	-2.056 ^a	-1.421 ^a	0.34	15.419 ^b	20.390 ^a	1.02

Valores con diferente letra entre columnas dentro de tratamientos, son diferentes (p<0.05)

Tratamiento 1= Camarones cultivados en agua de baja salinidad; Tratamiento 2= Camarones cultivados en agua marina. Tiempo 1, 2 y 3 (4, 8 y 14 meses de almacenamiento respectivamente)

EE= Error Estándar

Cuadro 2. Cambios en la capacidad de retención de agua (CRA) y esfuerzo al corte de camarones crudos y cocidos durante el almacenamiento congelado.

Variables	Tratamiento 1	Tratamiento 2	EE
Tiempo 1			
CRA (%)	86.11 ^b	89.45 ^a	0.58
Esfuerzo al corte crudo (N)	20.53 ^a	20.32 ^a	1.02
Esfuerzo al corte cocido (N)	19.47 ^a	18.68 ^a	1.02
Tiempo 2			
CRA (%)	81.71 ^b	83.16 ^a	0.53
Esfuerzo al corte crudo (N)	18.59 ^b	20.92 ^a	0.43
Esfuerzo al corte cocido (N)	22.67 ^a	20.25 ^a	1.01
Tiempo 3			
CRA (%)	82.63 ^b	84.567 ^a	0.42
Esfuerzo al corte crudo (N)	21.42 ^a	20.91 ^a	1.06
Esfuerzo al corte cocido (N)	21.26 ^a	20.69 ^a	1.21

Valores con diferente letra entre columna, son diferentes ($p < 0.05$)

Tratamiento 1= Camarones de cultivo en agua de baja salinidad; Tratamiento 2= Camarones de cultivo en agua marina. Tiempo 1, 2 y 3 (4, 8 y 14 meses de almacenamiento respectivamente)

EE= Error Estándar

Esfuerzo al corte presenta promedios ajustados por la covariable peso individual.

Cuadro 3. Cambios en la composición proximal de camarones durante su almacenamiento.

Variables (%)	Tratamiento 1	Tratamiento 2	EE
Tiempo 1			
Humedad	75.75 ^a	74.51 ^b	0.34
Proteína	20.88 ^a	21.17 ^a	0.27
Lípidos	1.03 ^a	1.11 ^a	0.08
Cenizas	1.49 ^a	1.43 ^a	0.06
Tiempo 2			
Humedad	74.79 ^a	73.56 ^a	0.66
Proteína	20.78 ^a	21.32 ^a	0.42
Lípidos	1.02 ^a	1.09 ^a	0.07
Cenizas	1.31 ^a	1.34 ^a	0.02
Tiempo 3			
Humedad	75.69 ^a	73.70 ^b	0.37
Proteína	19.81 ^b	20.94 ^a	0.25
Lípidos	0.86 ^b	1.09 ^a	0.12
Cenizas	1.37 ^a	1.44 ^a	0.02

Valores con diferente letra entre columna, son diferentes ($p < 0.05$)

Tratamiento 1= Camarones de cultivo en agua de baja salinidad; Tratamiento 2= Camarones de cultivo en agua marina

Tiempo 1, 2 y 3 (4, 8 y 14 meses de almacenamiento respectivamente)

EE= Error Estándar

Valores expresados en % de peso húmedo

CORRECCIÓN DE ESFUERZO AL CORTE POR PESOS INDIVIDUALES DEL CAMARÓN EN LA COMPARACIÓN ENTRE TRATAMIENTOS

Francina Brizeyda López Tarín^a

Alberto Barreras Serrano^a

José Ángel Olivas Valdez^a

Fernando Figueroa Saavedra^a

Lus Mercedes López Acuña^b

Eduardo Sánchez López^a

^a Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. Fracc. Laguna Campestre, Carr. A San Felipe, Km 3.5. CP 21386. Mexicali, BC. Tel (686) 5636909/563 6671

^b Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Carretera transpeninsular Ensenada-Tijuana No. 3917 Col Playitas. CP 22860. Ensenada, Baja California

Autor de contacto: Alberto Barreras Serrano, Tel. 01(686) 563-69-06 Ext 132. correo electrónico abarreras@uabc.edu.mx.

Corrección por ANCOVA al esfuerzo al corte en camarón

Corrección de esfuerzo al corte por pesos individuales del camarón en la comparación entre tratamientos

Resumen

Los procesos de congelado como método de preservación para camarón aunado al tiempo de almacenamiento producen cambios bioquímicos en el tejido muscular que alteran su textura, por lo tanto su calidad. Una característica físico-química que refleja la blandura de la carne es el esfuerzo al corte (EC). En su determinación es común observar variabilidad por efecto del peso del músculo del camarón (PMC), produciendo errores en la comparación entre tratamientos a evaluar. Una práctica común para hacer comparables los resultados que no lo son directamente es la de normalizar la variable, que consiste en transformarla sin eliminar la magnitud de los errores. La técnica del ANCOVA corrige la variable de respuesta por los efectos de una variable concomitante y subsecuentemente ajusta el error experimental en el análisis, mejorando la sensibilidad y precisión del diseño. Se analizaron 120 registros de EC junto con el PMC, en un experimento bajo un diseño completamente al azar con submuestreo más la covariable PMC, en tres tiempos de almacenamiento. Se definen dos tratamientos, cuatro repeticiones y cinco unidades de observación. La u.e. consistió en una marqueta de 5 lbs. EC se expresó en Newton. El análisis se realizó dentro de tiempos. Se obtuvieron coeficientes de regresión por separado para cada tratamiento, se probó homogeneidad entre pendientes entre tratamientos, y para eliminar el sesgo debido a las diferencias en la variable PMC se obtuvieron las medias ajustadas por tratamiento. Se concluye que la técnica propuesta debe utilizarse en la comparación entre tratamientos en la presencia de sesgo debido a una variable relacionada.

Palabras clave: ANCOVA, esfuerzo al corte, calidad, camarón

Correction of shear force by weight individual of shrimp in the comparison between treatments

Abstract

Storage time and the freezing processes as a method of preservation produce biochemical changes in muscle tissue which alter its texture, and therefore its quality. A physicochemical characteristic that reflects the softness of the flesh is the shear force (SF). In its determination it is common to observe variability due to the weight of the shrimp muscle (WSM), producing mistakes in the comparison between treatments evaluated in the experiments. A common practice to make results comparable when they are not directly so, is to normalize the variable, which consists of transforming it without removing the magnitude of errors. The ANCOVA technique corrects the response variable by the effects of a concomitant variable and subsequently adjusts the experimental error in the analysis, enhancing the sensitivity and accuracy of the design. One hundred twenty records of SF and WSM were analyzed in an experiment under a completely randomized design with subsampling plus the WSM covariate, in three storage times. Two treatments, four reiterations, and five units of observation are defined. The e.u. consisted of 5 lbs. Packages of frozen shrimp. The SF was expressed in Newton. The analysis was performed within times. Regression coefficients were obtained separately for each treatment, slope homogeneity was tested between treatments, and to eliminate bias due to differences in the PMC, adjustment means were obtained for each treatment for the comparison between them. It is concluded that the proposed technique should be used in the comparison between treatments in the presence of bias due to a related variable.

Keys words: ANCOVA, Shear force, quality, shrimp

Introducción

La textura es parte de un grupo de características físico químicas importantes en el camarón, un cambio en ella puede reflejar alteraciones en la frescura y calidad (Mohamed 2011). Los procesos de congelación y descongelación afectan esta variable induciendo a cambios en la estructura y funcionalidad de las proteínas del músculo, como desnaturalización, reticulación, pérdida de la capacidad de retención de agua y en la solubilidad de las mismas (Díaz-Tenorio *et al.* 2006, Boonsumrej *et al.* 2007, Sundararajan *et al.* 2011) La principal técnica utilizada en camarón para medir textura es el esfuerzo al corte (EC), que mide la fuerza máxima utilizada para romper el tejido (Xiong *et al.* 2002). Sin embargo, los registros para esta variable muestran variabilidad debida a diferentes pesos del músculo del camarón (PMC) utilizados en las muestras. Una práctica común para hacer comparables los resultados que no lo son directamente es la de normalizar la variable ajustando los datos a un factor común (Srinivasan *et al.* 1997, Ezquerro *et al.* 2003, López-Caballero *et al.* 2007). Otra estrategia para el control de fuentes de variación secundarias que permita comparar los efectos medios entre tratamientos es aplicar la técnica del Análisis de Covarianza (ANCOVA). El análisis de covarianza es una combinación de técnicas de regresión y el análisis de varianza con el objeto de hacer inferencias acerca de los valores medios de los tratamientos para la variable de respuesta considerando la presencia de otra, llamada covariable, registrada en cada unidad experimental u observacional. El ANCOVA se realiza en dos pasos: primero elimina de la varianza del error la fracción de la variación en la variable de respuesta debida a la variable concomitante, lo que se traduce en una mayor precisión en la estimación de los parámetros del modelo y segundo ajusta grupos de medias para la variable dependiente a un valor común de la covariable para hacer comparables los grupos.

Por lo tanto el objetivo del estudio fue aplicar la técnica del ANCOVA para corregir o ajustar los valores de esfuerzo al corte por los pesos del músculo del camarón y poder realizar comparaciones entre tratamientos.

Materiales y Métodos

Obtención de la muestra

Se tomaron al azar 2 muestras de camarones de la especie *Litopenaeus vannamei*; provenientes de 2 granjas ubicadas en el municipio de Mexicali, Baja California, México. Una muestra con organismos de peso promedio 24.0 ± 3.2 g que procedía de un cultivo en agua de baja salinidad (1 ± 0.5 g/L, Tratamiento 1) y otra con peso promedio de 18.1 ± 3.1 g procedente de un cultivo tradicional en agua marina (40 ± 2 g/L, Tratamiento 2). Su proceso de congelación se realizó de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-242-SSA1-2005) obteniendo paquetes de producto congelado denominados marquetas. Se obtuvieron 4 marquetas por tratamiento con 5 lb de camarón cada una, las cuales fueron glaseadas y empaquetadas en bolsas de polietileno y almacenadas a -20°C para sus análisis a los 4, 8 y 14 meses (Tiempo 1, 2 y 3 respectivamente). El proceso de descongelación se llevó a cabo colocando el producto en refrigeración a 3°C por 24 horas. Los análisis se realizaron en el músculo crudo sin exoesqueleto.

Determinación de Esfuerzo al corte (EC)

Tras el proceso de descongelación se tomó el peso individual de cada músculo de camarón utilizando una balanza digital Ohaus con precisión de décimas de gramo. Para determinar la textura del músculo se evaluó el EC mediante cortes transversales entre el segundo y tercer segmento, utilizando las cuchillas Warner-Bratzler a través de un texturómetro (LLOYD INSTRUMENTS, Fareham Hampshire, UK England) a una velocidad de 100 mm/min (Srinivasan *et al.* 1997). La variable EC se expresó en unidades Newton (N).

Análisis estadístico

Para comparar los efectos medios entre tratamientos el experimento se realizó según un Diseño completamente al azar (DCA) con submuestreo. La unidad experimental consistió en una marqueta de 5 lbs. Se utilizaron 4 repeticiones y 5 unidades de

observación por repetición. Para el análisis de la información se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_i(X_{ij} - \bar{X}_{..}) + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

donde Y_{ijk} es la variable de respuesta (EC), μ es la media general, τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento ($i=1,2$), ε_{ij} es el error experimental, aleatorio [$\varepsilon_{ij} \sim \text{NI}(0, \sigma_\varepsilon^2)$], δ_{ijk} es el error de sumuestreo, aleatorio [$\delta_{ijk} \sim \text{NI}(0, \sigma_m^2)$], X_{ij} es la variable concomitante (PMC) expresada como desviación de su media general, β_i es el coeficiente de regresión asociado a la variable X_{ij} . Además el factor fijo tiempo de almacenamiento congelado (TAC= 4, 8 y 14 meses) fue adicionado al modelo lineal original. Al no existir efecto de interacción tratamiento por tiempo ($P>.05$), el análisis se realizó dentro de tiempo de almacenamiento. Se obtuvieron coeficientes de regresión por separado para cada tratamiento, se probó homogeneidad entre pendientes entre tratamientos con el estadístico t-Student. Al no existir diferencias entre pendientes ($P>.05$) se generó un solo coeficiente de regresión y cuando la covariable fue significativa ($P<.05$) en el ANDEVA, se obtuvieron las medias ajustadas por tratamiento para la comparación entre ellos. Las medias de tratamiento ajustadas por X_i se generaron a partir de :

$$\bar{Y}_i - \hat{\beta}(\bar{X}_i - \bar{X}_{..})$$

El incremento en la precisión debido a la presencia de la covariable se generó como el producto de 100 por el cociente del CME de los datos no-ajustados sobre el CME efectivo después del ajuste. Este último se generó de la siguiente fórmula:

$$S_{y|x}^2 \left[1 + \frac{T_{xx}}{(t-1) E_{xx}} \right]$$

donde $S_{y|x}^2$ es el CME en el modelo con la covariable, T_{xx} y E_{xx} son las $SC_{\text{tratamiento}}$ y SC_{error} en el análisis para la variable X , y $(t-1)$ son los grados de libertad para tratamiento.

El análisis estadístico se realizó utilizando el procedimiento GLM (Modelo Lineal General) del paquete estadístico SAS 9.3 para Windows.

Resultados

En la figura 1 se observa el comportamiento de la variable EC en función a los valores de PMC por cada tratamiento, con valores mayores para EC a incrementos en los registros de PMC, entonces, se visualiza una posible relación lineal entre los valores de EC con la variable PMC, por lo que la forma de controlar la presencia de esta variabilidad en el experimento y hacer los efectos medios entre los tratamientos comparables es la de incluirla en el modelo lineal como una covariable, evaluar su efecto sobre la variable de respuesta y al resultar significativa generar medias de tratamientos ajustadas para realizar adecuadamente la prueba de hipótesis sobre la igualdad de efectos medios entre tratamientos. Como primer paso se obtuvieron estimadores de los coeficientes de regresión entre PMC y EC dentro de tratamiento, por cada uno de los tiempo de congelamiento almacenado. Se realizó una prueba de hipótesis para evaluar la igualdad entre pendientes por cada tiempo de almacenamiento considerado, resultando no diferencias ($P > .05$) entre ellas (0.3788 vs .5489, 1.262 vs 1.237, 1.287 vs 1.528, para TAC=1,2 y 3 respectivamente). Entonces se estimó un único coeficiente de regresión entre tratamientos dentro de TAC, como se observa en la figura 1. Solo en los TAC=2 y TAC=3 la inclusión de la covarianza en el modelo lineal resultó significativa ($P < .05$) (1.254 y 1.3075, respectivamente).

En el modelo lineal, los estimadores mínimo cuadráticos $\hat{\mu} + \hat{\tau}_i$ estiman la respuesta media ajustada para el i-ésimo tratamiento cuando la respuesta media $\bar{Y}_i$ se ajusta por la cantidad $\hat{\beta} (\bar{X}_i - \bar{X})$, el cual es equivalente a medir la respuesta al mismo punto de la escala de la covariable.

La hipótesis nula de igualdad de efectos medios entre tratamientos fue resuelta para TAC=1 empleando el estadístico t-Student haciendo uso de medias aritméticas. El resultado indicó no diferencias entre ellas ($P > .05$). Para TAC=2 y 3 en la prueba de hipótesis de igualdad de efectos medios entre tratamientos empleando el estadístico t-Student se utilizaron las medias ajustadas por la covariable. El resultado indicó en

TAC=2 diferencias ($P < .05$) entre tratamientos y para TAC=3 similitud de efectos medios entre tratamientos ($P > .05$). Los resultados se muestran en la tabla 1.

Para TCA=2, los valores medios ajustadas para la variable EC fueron mayores para camarones procedente de un cultivo tradicional en agua marina en comparación a los camarones de un cultivo en agua de baja salinidad (18.61 vs 20.95 para T=1 y 2), respectivamente.

Discusiones.

Al observar los valores de EC en el experimento, resultaron mayores los del tratamiento 1 en comparación al tratamiento 2, sin embargo por existir un grado de asociación lineal de esta variable con los valores de PMC, es claro la existencia de un sesgo en la estimación de su magnitud. Srinivasan et al. (1996) mencionan que existe una correlación positiva del tamaño del camarón con el esfuerzo al corte, indicando que el tamaño del músculo o haces tenían un efecto importante sobre la textura de la carne. A pesar de que los organismos eran de la misma edad (120 días), el peso que presentaron los camarones producidos en agua de baja salinidad fue superior, de igual manera, Ogle et al. (1992) reportan mejor crecimiento en salinidades de 4-8 g/L. Esto se atribuye a que los organismos en agua de baja salinidad encontraron mejores condiciones ambientales que favorecieron un mayor crecimiento, una de las posibles causas es el gasto energético, Villareal y Rivera (1993) encontró que el consumo de oxígeno de los organismos en medios con altas concentraciones de salinidad es mayor, por lo tanto se reduce la eficiencia neta de crecimiento. Otra razón, es que una de las respuestas a los cambios de salinidad del medio es la hidratación del tejido, presumiblemente a través de estrategias que permiten el equilibrio de la presión osmótica interna y externa (Roy et al. 2010), lo cual puede repercutir en el peso.

En el TAC=2 se observó que camarones producidos con agua de baja salinidad, los efectos medios una vez ajustados por la covariable resultaron menores que para los del tratamiento 2. La textura de los camarones es un importante atributo sensorial que determina la calidad o aceptación, esta depende de varios factores, figurando entre los principales la composición bioquímica, particularmente contenidos de proteínas, lípidos

y agua. (Ezquerria et al. 2003; Durazo, 2006). Huang et al. 2004, al igual que Liang et al. (2008), estudiaron los efectos de salinidad en el crecimiento y la composición bioquímica de *L. vannamei*. Ellos encontraron que la composición bioquímica del músculo incluyendo la humedad, proteínas, aminoácidos y ácidos grasos presentan cambios. Cuando la salinidad disminuye, el contenido de proteína del músculo disminuye, pero la humedad aumenta. Esto provoca cambios a nivel muscular y como consecuencia diferencias en el Esfuerzo al corte.

Otra factor que afecta la textura de músculo son los procesos de congelación debido a que pueden producir cambios en la estructura y funcionalidad de la proteína, especialmente las proteínas miofibrilares y estroma (Boonsumrej et al. 2007, Lauren et al. 2013) que alteren esta variable. Sundararajan et al. (2011) reporta que después de 180 días, las muestras de camarones almacenados bajo congelación ya sea criogénica o de aire forzado presentaron mayor esfuerzo al corte que las muestras de camarón fresco provocando dureza en el producto. Sin embargo, en este estudio podemos que ver que las muestras se mantuvieron estables y el factor tiempo (TAC) no influyó. Esto se atribuye a la calidad que el producto mantenía durante la cosecha y que el método de congelación y almacenamiento fue el adecuado pues se ha considerado que la congelación rápida se traduce en menos cambios bioquímicos durante el almacenamiento (Haard et al. 1995, Hui et al. 2006, Sriket 2014).

La aplicación de la técnica del análisis de covarianza permite hacer comparaciones entre tratamientos de manera objetiva, eliminando “ruidos” debidos a la variación por la presencia de variables concomitantes como peso del músculo del camarón (PMC), al ajustar los efectos medios de los tratamientos por la presencia de la covariable. La eficiencia de la covarianza en la reducción de la varianza del error en este estudio fue del 113%, indicando cien repeticiones con ANCOVA son tan eficientes como 113 sin covarianza.

Referencias

- Boonsumrej S, Chaiwanichsiri S, Tantratian S, Suzuki T, Takai R. 2007. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by airblast cryogenic freezing. J. Food Eng. 0:292-299.
- Díaz-Tenorio MF, García-Carreño L, Pacheco-Aguilar R. 2006. Comparison of freezing and thawing treatments on muscle properties of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). J. Food Biochem. 31:563–576.
- Ezquerria M, Salazar JA, Bringas L. 2003. Effect of dietary protein on muscle collagen, collagenase and shear force of farmed white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Eur. Food Res. Technol. 217:277–280.
- Haard NF. 1995. Composition and nutritive value of fish proteins and other nitrogen compounds. En: Ruiter, A. (Ed.), Fish and Fishery Products. Composition, Nutritive Properties and Stability. CAB International, Wallingford, UK, pp. 77-115.
- Hui YH, Cross N, Kristinsson H, Lim M, Nip W, Siow L, Standfield P. 2006. Biochemistry of seafood. In: Food Biochemistry and Food Processing. Blackwell Publishing Professional, Iowa, pp. 351–378
- Lauren B, Mallikarjunan P, Jahncke M, Grisso R. 2013. Optimum cooking conditions for shrimp and atlantic salmon. J. Food Sci. 78: 303-313.
- Littell RC, Freund RJ, Spector PC. 1991. SAS System for Linear Models, 3rd ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Lopez-Caballero ME, Martinez-Alvarez O, Gomez-Guillen MC, Montero P. 2007. Quality of thawed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with melanosis-inhibiting formulations during chilled storage. Int. J. Food Sci. Technol. 42:1029–1038.
- Milliken GA, Johnson DE. 2002. Analysis of messy data. Vol III: Analysis of Covariance. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, Florida.

Mohamed AF. 2011. Quality Evaluation of Some Fresh and Imported Frozen Seafood. Adv. J. Food Sci. Technol. 1: 83-88.

Ogle JT, Beaugez K, Lotz JM. 1992. Effect of salinity on survival and growth of postlarval *Penaeus vannamei*. Gulf Research Report 8: 415-421.

Sriket, C. 2014. Proteases in fish and shellfish: Role on muscle softening and prevention. IFRJ. 21(1): 433-445.

Srinivasan, SL, Xiong Y, Blanchard SP, Tidwell JH. 1997. Physicochemical changes in prawns (*Machrobrachium rosenbergii*) subjected to multiple freeze-thaw cycles. J. Food Sci. 62: 123-127.

Steel RGD, Torrie JH, Dickey DA. 1997. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 3rd ed. McGraw-Hill Co, Inc., New York, NY

Sundararajan S, Prudente A, Bankston JD, King JM, Wilson P, Sathivel S. 2011. Evaluation of Green Tea Extract as a Glazing Material for Shrimp Frozen by Cryogenic Freezing. J. Food Sci. 76:511-518.

Villareal H, Rivera JA. 1993. Effect of temperature and salinity on the oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus californiensis* postlarvae. Comp Biochem and Physiology

Xiong S, Xiong Y, Blanchard SP, Wang B, Tidwell JH. 2002. Evaluation of tenderness in prawns (*Machrobrachium rosenbergii*) marinated in various salt and acid solutions. International. J. Food Sci. Technol. 37: 291-296.

Tablas

Tabla 1. Medias para EC ajustadas por la covariable PMC en la comparación entre tratamientos para cada uno de los TCA.

Time	Treatment 1	Treatment 2	SE
1	20.70 ^a	19.48 ^a	1.06
2	18.61 ^b	20.95 ^a	0.37
3	20.85 ^a	20.47 ^a	0.88

Valores con diferente letra por renglón, son distintos ($p < 0.05$)

Tratamiento 1= Camarones de cultivo en agua de baja salinidad; Tratamiento 2= Camarones de cultivo en agua marina. Tiempo 1, 2 y 3 (4, 8 y 14 meses de almacenamiento respectivamente).

EE= Error Estándar

Values with different letter by row are different ($p < 0.05$)

Treatment 1 = Shrimp cultured in low salinity water; Treatment 2 = Shrimp cultured in sea water. Time 1, 2 and 3 (4, 8 and 14 months of storage frozen respectively).

SE = Standard Error

Figuras

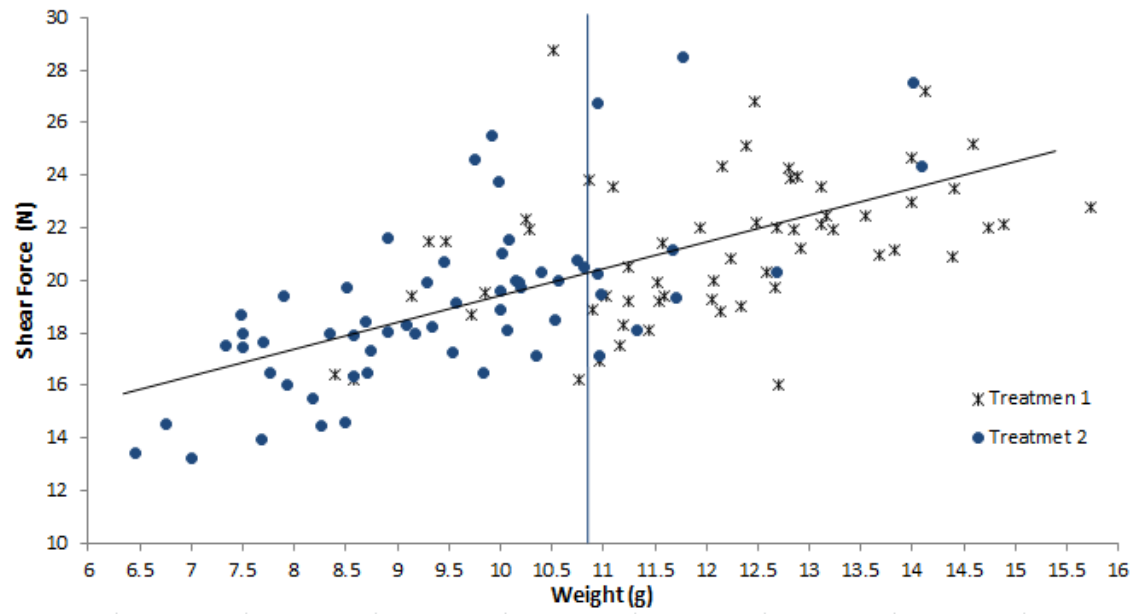


Figura 1. Diagrama de dispersión de valores de EC, por tratamiento, en función de los valores de PMC.

CONCLUSIONES GENERALES

Bajo las condiciones de este trabajo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Las variables donde se encontraron diferencias entre uno y otro sistema fueron: en el porcentaje de humedad del músculo, la cual fue superior en organismos de baja salinidad, mientras que la capacidad de retención de agua y el color en producto cocido fue menor para estos organismos. Esto puede ser relacionado a las diferencias ambientales del sistema de cultivo (productividad primaria y salinidad del agua) y las distintas estrategias utilizadas durante el proceso de osmorregulación, las cuales repercutieron en estas características.
- El factor tiempo de almacenamiento congelado influyó en camarones de ambas procedencias, resultando más susceptibles al deterioro los organismos de baja salinidad en las variables de color, capacidad de retención de agua, porcentaje de proteínas y lípidos, debido a los procesos tanto químicos como enzimáticos que diversos autores han reportado en producto congelado.
- Para los análisis de esfuerzo al corte se encontró una relación lineal con el peso del músculo de camarón, por lo que fue necesario incluirlo como una covarianza en el modelo. La aplicación del análisis de covarianza permitió comparar de manera objetiva los resultados y eliminar el ruido debido a las diferencias en peso.
- Por lo anterior se sugiere realizar más estudios en el área de calidad para camarones procedentes de agua de baja salinidad, sobre todo a nivel de microestructura que permitirán entender a mayor profundidad los cambios que ocurren en estos productos. Así como estudios relacionados al control de factores dietéticos que permitan mejorar la calidad final del producto y conocer su impacto en la comercialización de los mismos.